



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA DE MANTENIMIENTO**

**“MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS
ESTRUCTURALES MEDIANTE LA APLICACIÓN DEL
CÓDIGO AWS D1.1”**

**OSORIO VELASCO BYRON DAVID
VELASCO SALAZAR RUBÉN DARÍO**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

RIOBAMBA – ECUADOR

2014

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-02-13

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

BYRON DAVID OSORIO VELASCO

Titulada:

**“MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES APLICANDO EL
CÓDIGO AWS D1.1”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Hernán Samaniego Santillán
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Freire Miranda
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS

2013-02-13

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

RUBÉN DARÍO VELASCO SALAZAR

Titulada:

**“MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES APLICANDO EL
CÓDIGO AWS D1.1”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

INGENIERO DE MANTENIMIENTO

Ing. Marco Santillán Gallegos
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

Ing. Hernán Samaniego Santillán
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Jorge Freire Miranda
ASESOR DE TESIS

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: BYRON DAVID OSORIO VELASCO

TÍTULO DE LA TESIS: “MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.1”

Fecha de Examinación: 2014-04-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente PRESIDENTE TRIBUNAL DEFENSA			
Ing. Hernán Samaniego Santillán DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Jorge Freire Miranda ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

ESPOCH

Facultad de Mecánica

CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS

NOMBRE DEL ESTUDIANTE: RUBÉN DARÍO VELASCO SALAZAR

TÍTULO DE LA TESIS: “MANTENIMIENTO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES APLICANDO EL CÓDIGO AWS D1.1”

Fecha de Examinación: 2014-04-10

RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Fernando González Puente PRESIDENTE TRIBUNAL DEFENSA			
Ing. Hernán Samaniego Santillán DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Jorge Freire Miranda ASESOR			

* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

RECOMENDACIONES: _____

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

Ing. Fernando González Puente
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

DERECHOS DE AUTORÍA

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecido en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teórico-científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Byron David Osorio Velasco

Rubén Darío Velasco Salazar

DEDICATORIA

En primer lugar dedico a Dios todo poderoso.

Agradezco a mi madre quien jamás dejara de ser un apoyo, a mis hermanos con quienes juntos hemos caminado en la buenas y las malas al Ing. Edgar Cevallos y demás personas que colaboraron con la culminación del presente trabajo de tesis.

Byron David Osorio Velasco

Este trabajo de tesis de grado está dedicado a DIOS, por darme la vida a través de mis queridos PADRES, a quienes también dedico de manera especial este trabajo agradeciéndoles por todo su esfuerzo, apoyo y su plena confianza depositada en mí, gracias porque siempre, aunque lejos, han estado a mi lado, los quiero mucho.

Rubén Darío Velasco Salazar

AGRADECIMIENTO

El más sincero agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial a la Facultad de Ingeniería Mecánica, Escuela de Ingeniería de Mantenimiento, por brindarnos la oportunidad de obtener una profesión y ser personas útiles a la sociedad. A todos mis profesores no solo de la carrera sino de toda la vida, mil gracias porque de alguna manera forman parte de lo que ahora somos.

Y en especial para todos los amigos, compañeros y personas que nos apoyaron de una u otra manera para culminar con éxito una etapa de mi vida.

Byron David Osorio Velasco

Rubén Darío Velasco Salazar

CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCIÓN	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	2
2. MARCO TEÓRICO	
2.1 Soldadura por arco metálico protegido (SMAW).....	3
2.1.1 <i>Electrodos SMAW</i>	3
2.1.1.1 <i>Condiciones de almacenamiento de electrodos de bajo hidrógeno</i>	3
2.1.1.2 <i>Periodos de tiempo atmosférico aprobados</i>	3
2.1.1.3 <i>Periodos de tiempo de exposición atmosférica alternativos establecidos por ensayos</i>	4
2.1.1.4 <i>Horneado de electrodos</i>	5
2.1.1.5 <i>Restricciones del electrodo para aceros ASTM A514 o A51</i>	5
2.1.2 <i>Procedimientos para la soldadura por arco metálico protegido</i>	5
2.1.2.1 <i>Diámetro máximo de los electrodos</i>	5
2.1.2.2 <i>Tamaño máximo de las soldaduras en ángulo de un solo pase y para la raíz de las soldaduras en ángulo de paso múltiple</i>	6
2.1.2.3 <i>Espesor máximo de las capas posteriores de las soldaduras pasadas de raíz de canal y de filete</i>	6
2.2 Soldadura por arco de metal con gas y por arco con alambre tubular (GMAW/FCAW).....	6
2.2.1 <i>Electrodos GMAW/FCAW</i>	6
2.2.1.1 <i>Metal de soldadura con resistencia a la fluencia de 60 Ksi [415 MPa] a menor</i>	7
2.2.1.2 <i>Metal de soldadura con resistencia a la fluencia mayor de 60 Ksi [415 MPa]</i>	7
2.2.2 <i>Gas de protección</i>	7
2.2.3 <i>Procedimientos para las soldaduras por arco de metal con gas y por arco con alambre tubular con electrodo único</i>	7
2.2.3.1 <i>Diámetro máximo del electrodo</i>	7
2.2.3.2 <i>Tamaño máximo de un cordón de soldadura realizado en una sola pasada</i>	8
2.2.3.3 <i>Soldadura por arco de metal con gas</i>	8
2.2.3.4 <i>Soldadura por arco con alambre tubular</i>	8
2.3 Requerimientos generales de WPS.....	9
2.3.1 <i>Requerimientos de soldadura vertical ascendente</i>	9
2.3.2 <i>Limitación anchura/profundidad del pase</i>	12
2.3.3 <i>Requerimientos de acero cor-ten</i>	12
2.3.3.1 <i>Soldaduras de canal de un solo pase</i>	13
2.3.3.2 <i>Soldaduras de filete de un solo pase</i>	17
2.3.4 <i>Gas de protección</i>	17

3.	CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA	
3.1	Requerimientos generales.....	18
3.1.1	<i>General</i>	18
3.1.1.1	<i>Especificación del procedimiento de soldadura (WPS)</i>	18
3.1.1.2	<i>Calificación de desempeño del personal de soldadura</i>	19
3.1.1.3	<i>Periodo de efectividad</i>	19
3.1.2	<i>Requerimientos comunes para WPS y calificación de desempeño del personal de soldadura</i>	20
3.1.2.1	<i>Calificación a ediciones previas</i>	20
3.1.2.2	<i>Envejecimiento</i>	20
3.1.2.3	<i>Registros</i>	20
3.1.2.4	<i>Posiciones de las soldaduras</i>	20
3.2	<i>Especificación del procedimiento de soldadura (WPS)</i>	25
3.2.1	<i>Posiciones de soldadura de producción calificadas</i>	25
3.2.2	<i>Tipo de ensayo de calificación</i>	27
3.2.3	<i>Tipo de soldadura para la calificación del WPS</i>	31
3.2.4	<i>Preparación de WPS</i>	31
3.2.5	<i>Variables esenciales</i>	31
3.2.5.1	<i>SMAW, SAW, GMAW, GTAW, FCAW</i>	31
3.2.5.2	<i>ESW y EGW</i>	36
3.2.5.3	<i>Calificación del metal base</i>	37
3.2.5.4	<i>Temperatura de precalentamiento e interpase</i>	40
3.2.6	<i>Métodos de ensayo y criterios de aceptación para la calificación de WPS</i>	41
3.2.6.1	<i>Inspección visual de las soldaduras</i>	49
3.2.6.2	<i>NDT</i>	50
3.2.6.3	<i>Ensayos mecánicos</i>	50
3.2.6.4	<i>Ensayo de macro-ataque</i>	53
3.2.6.5	<i>Repetición del ensayo</i>	54
3.2.7	<i>Soldaduras de canal CJP para conexiones no tubulares</i>	54
3.2.7.1	<i>Juntas de esquina o juntas T</i>	54
3.2.8	<i>Soldaduras de canal PJP para conexiones no tubulares</i>	54
3.2.8.1	<i>Tipo y número de probetas a ser ensayadas</i>	54
3.2.8.2	<i>Verificación del tamaño de la soldadura por macro-ataque</i>	55
3.2.8.3	<i>Verificación de un WPS de canal CJP por macro-ataque</i>	55
3.2.8.4	<i>Otras verificaciones de WPS por macro-ataque</i>	55
3.2.8.5	<i>Soldaduras de canal curvo</i>	55
3.2.9	<i>Soldaduras de filete para conexiones tubulares y no tubulares</i>	56
3.2.9.1	<i>Tipo y número de probetas</i>	56
3.2.9.2	<i>Ensayo de soldadura de filete</i>	56
3.2.9.3	<i>Ensayo de verificación de consumibles</i>	59
3.2.10	<i>Soldaduras de canal CJP para conexiones tubulares</i>	62
3.2.10.1	<i>Juntas a tope CJP con respaldo o saneado de la raíz</i>	62
3.2.10.2	<i>Juntas a tope CJP sin respaldo soldadas por un solo lado</i>	62
3.2.10.3	<i>Conexiones T-, Y o K- con respaldo o saneado de la raíz</i>	62
3.2.10.4	<i>Conexiones T-, Y o K- sin respaldo soldadas solamente de un lado</i>	63
3.2.11	<i>Conexiones tubulares T-, Y- o K- PJP y junta de tope</i>	66

3.2.12	<i>Soldaduras de tapón o de ojal para conexiones tubulares y no tubulares</i>	67
3.2.13	<i>Procesos de soldadura que requieren calificación</i>	67
3.2.13.1	<i>ESW, EGW, GTAW y GMAW-S</i>	67
3.2.13.2	<i>Otros procesos de soldadura</i>	67
3.2.14	<i>Requerimiento de WPS (GTAW)</i>	67
3.2.15	<i>Requerimientos de WPS (ESW/EGW)</i>	67
3.2.15.1	<i>Calificación previa</i>	68
3.2.15.2	<i>Requerimientos para ensayo de tracción en el metal de soldadura</i>	68
3.3	<i>Calificación del desempeño</i>	68
3.3.1	<i>Genera</i>	68
3.3.1.1	<i>Posiciones de soldadura de producción calificadas</i>	68
3.3.1.2	<i>Espesores y diámetros de producción calificados</i>	71
3.3.1.3	<i>Calificación del soldador y operador de soldadura a través de calificación WPS</i>	75
3.3.2	<i>Tipos de ensayo de calificaciones requeridas</i>	76
3.3.2.1	<i>Soldadores y operadores de soldadura</i>	76
3.3.2.2	<i>Apuntaladores</i>	81
3.3.3	<i>Tipo de soldadura para la calificación del desempeño del soldador y el operador de soldadura</i>	82
3.3.4	<i>Preparación de las planillas de desempeño</i>	82
3.3.5	<i>Variables esenciales</i>	83
3.3.6	<i>Soldaduras de canal CJP para conexiones no tubulares</i>	83
3.3.6.1	<i>Placas de calificación del soldador</i>	83
3.3.6.2	<i>Placas de ensayo para la calificación del operador de soldadura</i>	84
3.3.7	<i>Soldaduras de canal PJP para conexiones no tubulares</i>	84
3.3.8	<i>Soldaduras de filete para conexiones no tubulares</i>	84
3.3.9	<i>Soldaduras de canal CJP para conexiones tubulares</i>	85
3.3.9.1	<i>Otros detalles de junta o WPSs</i>	85
3.3.10	<i>Soldaduras de canal PJP para conexiones tubulares</i>	86
3.3.11	<i>Soldaduras de filete para conexiones tubulares</i>	86
3.3.12	<i>Soldaduras de tapón y de ojal para conexiones tubulares y no tubulares</i>	86
3.3.13	<i>Métodos de ensayos y de criterios de aceptación para la calificación del soldador y el operador de soldadura</i>	87
3.3.13.1	<i>Inspección visual</i>	87
3.3.13.2	<i>Ensayo de macro-ataque</i>	87
3.3.13.3	<i>RT</i>	89
3.3.13.4	<i>Ensayo de fractura de soldadura de filete</i>	89
3.3.13.5	<i>Probetas de doblado de raíz, cara y doblado</i>	90
3.3.14	<i>Métodos de ensayos y criterios de aceptación para la calificación del apuntador</i>	90
3.3.14.1	<i>Criterios de aceptación visual</i>	90
3.3.14.2	<i>Criterios de aceptación del ensayo destructivo</i>	90
3.3.15	<i>Repetición del ensayo</i>	91
3.3.15.1	<i>Requerimientos para la repetición del ensayo de soldadura y el operador de soldadura</i>	91
3.3.15.2	<i>Requerimientos de la repetición de ensayo del apuntador</i>	92

3.4	Requerimientos para ensayos CVN.....	92
3.4.1	<i>General</i>	92
3.4.2	<i>Ubicaciones de probetas de ensayo</i>	92
3.4.3	<i>Ensayo CVN</i>	95
3.4.4	<i>Requerimientos del ensayo</i>	96
3.4.5	<i>Repetición del ensayo</i>	97
3.4.6	<i>Reportes</i>	97
4.	INSPECCIÓN Y PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA	
4.1	Requisitos generales.....	98
4.1.1	<i>Alcance</i>	98
4.1.1.1	<i>Información suministrada para licitadores</i>	98
4.1.1.2	<i>Inspección y estipulaciones del contrato</i>	98
4.1.1.3	<i>Definición de categorías de inspector</i>	99
4.1.1.4	<i>Requerimientos de calificación de inspector</i>	99
4.1.1.5	<i>Responsabilidad del inspector</i>	100
4.1.1.6	<i>Artículos a ser provistos al inspector</i>	100
4.1.1.7	<i>Notificación al inspector</i>	100
4.1.2	<i>Inspección de materiales y equipo</i>	101
4.1.3	<i>Inspección de WPS (especificaciones del procedimiento de soldadura)</i>	101
4.1.4	<i>Calificaciones de inspección de soldador, operador de soldadura y apuntalador</i>	101
4.1.4.1	<i>Determinación de calificación</i>	101
4.1.4.2	<i>Repetición de pruebas basadas en la calidad del trabajo</i>	101
4.1.4.3	<i>Repetición de pruebas basadas en la expiración de la calificación</i>	102
4.1.5	<i>Inspección de trabajo y registros</i>	102
4.1.5.1	<i>Tamaño, longitud y ubicación de soldaduras</i>	102
4.1.5.2	<i>Alcance de la examinación</i>	102
4.1.5.3	<i>Extensión de examinación</i>	102
4.1.5.4	<i>Identificación de las inspecciones realizadas por el inspector</i>	102
4.1.5.5	<i>Mantenimiento de registros</i>	103
4.1.6	<i>Obligaciones del contratista</i>	103
4.1.6.1	<i>Responsabilidades del contratista</i>	103
4.1.6.2	<i>Peticiones del inspector</i>	103
4.1.6.3	<i>Criterios del inspector</i>	103
4.1.6.4	<i>NDT especificado distinto al visual</i>	103
4.1.6.5	<i>NDT no especificado distinto al visual</i>	103
4.1.7	<i>Procedimientos NDT</i>	104
4.1.7.1	<i>Ensayo radiográfico (RT)</i>	104
4.1.7.2	<i>Sistemas de radiación de imagen</i>	104
4.1.7.3	<i>Ensayo ultrasónico (UT)</i>	104
4.1.7.4	<i>Ensayo de partículas magnéticas (MT)</i>	104
4.1.7.5	<i>PT ensayo de líquidos penetrantes</i>	105
4.1.7.6	<i>Calificación del personal</i>	105
4.1.8	<i>Amplitud de pruebas</i>	105
4.1.8.1	<i>Pruebas completas</i>	106

4.1.8.2	<i>Pruebas parciales</i>	106
4.1.8.3	<i>Pruebas de puntos</i>	106
4.1.8.4	<i>Información relevante</i>	106
4.2	<i>Ensayos radiográficos (RT)</i>	107
4.2.1	<i>RT de soldaduras de canal y juntas a tope</i>	107
4.2.1.1	<i>Procedimientos y estándares</i>	107
4.2.1.2	<i>Variaciones</i>	107
4.2.2	<i>Procedimientos RT</i>	107
4.2.2.1	<i>Procedimiento</i>	107
4.2.2.2	<i>Requerimientos de seguridad</i>	110
4.2.2.3	<i>Remoción de la sobremonta</i>	110
4.2.2.4	<i>Película radiográfica</i>	111
4.2.2.5	<i>Técnica</i>	111
4.2.2.6	<i>Fuentes</i>	112
4.2.2.7	<i>Selección y ubicación de los IQIs</i>	112
4.2.2.8	<i>Técnica</i>	115
4.2.2.9	<i>Ancho de la película</i>	115
4.2.2.10	<i>Calidad de las radiografías</i>	115
4.2.2.11	<i>Limitaciones de densidad</i>	116
4.2.2.12	<i>Marcas de identificación</i>	117
4.2.2.13	<i>Bloques de borde</i>	117
4.2.3	<i>Requerimientos suplementarios RT para conexiones tubulares</i>	118
4.2.3.1	<i>Soldaduras de canal circunferenciales en juntas a tope</i>	118
4.2.4	<i>Evaluación, reporte y disposición de radiografías</i>	121
4.2.4.1	<i>Equipo proporcionado por el contratista</i>	121
4.2.4.2	<i>Reportes</i>	121
4.2.4.3	<i>Retención de registros</i>	121
4.3	<i>Ensayo ultrasónica (UT) de soldaduras de canal</i>	121
4.3.1	<i>General</i>	121
4.3.1.1	<i>Procedimientos y estándares</i>	121
4.3.1.2	<i>Variaciones</i>	122
4.3.1.3	<i>Porosidad de tubería</i>	122
4.3.1.4	<i>Metal base</i>	122
4.3.2	<i>Requerimientos de calificación</i>	122
4.3.3	<i>Equipo UT</i>	122
4.3.3.1	<i>Requerimientos de equipo</i>	122
4.3.3.2	<i>Linealidad horizontal</i>	122
4.3.3.3	<i>Requerimientos para los instrumentos de prueba</i>	123
4.3.3.4	<i>Calibración de los instrumentos de prueba</i>	123
4.3.3.5	<i>Rango de pantalla</i>	123
4.3.3.6	<i>Unidades de búsqueda haz recto (onda longitudinal)</i>	123
4.3.3.7	<i>Unidades de búsqueda de haz angular</i>	123
4.3.4	<i>Estándares de referencia</i>	125
4.3.4.1	<i>Estándar IIW</i>	125
4.3.4.2	<i>Reflectores prohibidos</i>	126
4.3.4.3	<i>Requerimientos de resolución</i>	126

4.3.5	<i>Calificación del equipo</i>	128
4.3.5.1	<i>Linealidad horizontal</i>	128
4.3.5.2	<i>Control de ganancia</i>	128
4.3.5.3	<i>Reflexiones internas</i>	128
4.3.5.4	<i>Calibración de unidades de búsqueda de haz angular</i>	128
4.3.6	<i>Calibración para prueba</i>	128
4.3.6.1	<i>Posición del control de rechazo</i>	128
4.3.6.2	<i>Técnica</i>	128
4.3.6.3	<i>Recalibración</i>	129
4.3.6.4	<i>Prueba de haz recto del metal base</i>	129
4.3.6.5	<i>Calibración para el ensayo de haz angular</i>	129
4.3.7	<i>Procedimientos de pruebas</i>	130
4.3.7.1	<i>Línea “X”</i>	130
4.3.7.2	<i>Línea “Y”</i>	130
4.3.7.3	<i>Limpieza</i>	130
4.3.7.4	<i>Acoplante</i>	131
4.3.7.5	<i>Amplitud de prueba</i>	131
4.3.7.6	<i>Pruebas de soldaduras</i>	134
4.3.7.7	<i>Longitud de discontinuidades</i>	138
4.3.7.8	<i>Bases para aceptación o rechazo</i>	138
4.3.7.9	<i>Identificación del área rechazada</i>	138
4.3.7.10	<i>Reparación</i>	138
4.3.7.11	<i>Reportes de re-evaluación</i>	139
4.3.7.12	<i>Refuerzo de acero</i>	139
4.3.8	<i>UT de conexiones tubulares T-, Y- y K</i>	139
4.3.8.1	<i>Procedimientos</i>	139
4.3.8.2	<i>Personal</i>	140
4.3.8.3	<i>Calibración</i>	141
4.3.8.4	<i>Evaluación de metal base</i>	141
4.3.8.5	<i>Escaneo de soldadura</i>	142
4.3.8.6	<i>Ángulo óptimo</i>	143
4.3.8.7	<i>Evaluación de discontinuidades</i>	143
4.3.8.8	<i>Reportes</i>	143
4.3.9	<i>Preparación y disposición de reportes</i>	144
4.3.9.1	<i>Contenido de reportes</i>	144
4.3.9.2	<i>Reportes previos a inspección</i>	144
4.3.9.3	<i>Reportes completos</i>	144
4.3.10	<i>Calibración de la unidad UT con bloques de referencia tipo IIW</i>	144
4.3.10.1	<i>Modo longitudinal</i>	144
4.3.10.2	<i>Modo de onda de control (transversal)</i>	145
4.3.11	<i>Procedimientos de calificación de equipo</i>	147
4.3.11.1	<i>Procedimiento de linealidad horizontal</i>	147
4.3.11.2	<i>Precisión de dB</i>	147
4.3.11.3	<i>Procedimiento de reflejos internos</i>	150
4.3.12	<i>Procedimientos para la evaluación del tamaño de una discontinuidad</i>	151
4.3.12.1	<i>Prueba de haz recto (longitudinal)</i>	151

4.3.12.2	<i>Prueba de haz angular (de corte)</i>	151
4.3.13	<i>Patrones de escaneo</i>	151
4.3.13.1	<i>Discontinuidades longitudinales</i>	151
4.3.13.2	<i>Discontinuidades transversales</i>	152
4.3.14	<i>Ejemplos de certificación dB</i>	152

5. MANTENIMIENTO DE UNIONES SOLDADAS DE ACUERDO AL CÓDIGO

5.1	Mantenimiento preventivo de las juntas, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante radiografía industrial, ensayo ultrasónico, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ensayo visual.....	153
5.1.1	<i>Aplicación de procedimiento en probetas tipo</i>	153
5.1.1.1	<i>Aplicación del procedimiento en probetas tipo para ensayos con radiografía industrial RT</i>,	153
5.1.1.2	<i>Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con ultrasonidos UT</i>	165
5.1.1.3	<i>Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con tintas penetrantes TP</i>	172
5.1.1.4	<i>Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con partículas magnéticas MT</i>	179
5.1.1.5	<i>Aplicación de Procedimiento en probetas tipo para ensayos con Inspección Visual IV</i>	187
5.2	Evaluación de resultados en comparación con el código.....	190
5.2.1	<i>Resultados obtenidos con los ensayos con RT, UT, TP, MT e IV</i>	190
5.2.2	<i>Evaluación de los resultados con RT, UT, TP, MT e IV</i>	190
5.2.3	<i>Elaboración del WPS y PQR para mantenimiento de elementos estructurales</i>	191

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones.....	193
6.2	Recomendaciones.....	194

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

LISTA DE TABLAS

		Pág.
1	Exposición atmosférica permisible de los electrodos de bajo hidrógeno.....	4
2	Temperatura mínima de precalentamiento y de interpase.....	9
3	Requerimientos de metal de aporte para aplicaciones expuestas de aceros resistentes a la corrosión atmosférica.....	12
4	Metal de base precalificado - combinaciones de metales de aporte.....	14
5	Calificación WPS posiciones de producción de soldaduras calificadas por ensayos de placa, tubo o sección rectangular.....	26
6	Calificación WPS soldaduras de canal CJP: número y tipo de muestras de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado.....	27
7	Número y tipo de muestras de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado, calificación WPS, soldaduras de canal PJP.....	29
8	Número y tipo de muestras de ensayo y rango de espesores y diámetro calificado, calificación WPS, soldaduras de filete.....	30
9	Cambios de variables esenciales PQR requiriendo recalificación WPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW.....	32
10	Cambios de variables esenciales suplementarios en el PQR para aplicaciones de ensayo CVN que requieren recalificación para SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW.....	35
11	Cambios de variables esenciales PQR requiriendo recalificación para ESW O EGW.....	36
12	Tabla 4, Tabla 13 y Aceros No Incluidos Calificados por PQR.....	38
13	Metales de base aprobado por código y metales de aporte que requieren calificación.....	39
14	Calificación de soldador y operador-posiciones de soldaduras para la producción calificadas por ensayos en placa, tubo y tubo de sección rectangular.....	69
15	Calificación de soldador y operador-número y tipo de especímenes de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado.....	71
16	Calificación de soldador y operador-número y tipo de especímenes de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado.....	73
17	Cambios en las variables esenciales de calificación de habilidad del personal de soldadura que requieren recalificación.....	82
18	Requerimientos de ensayo CVN.....	94
19	Reducción de temperatura de ensayo CVN.....	96
20	Requerimientos del IQI tipo agujero.....	108
21	Requerimientos IQI de alambre.....	108
22	Selección y colocación IQI.....	112
23	Ángulo de ensayo.....	132
24	Criterio UT de aceptación-rechazo.....	134
25	Criterio UT de aceptación-rechazo (conexiones no-tubulares cíclicamente cargadas).....	135
26	Informe de inspección por radiografía industrial 1A.....	157
27	Informe de inspección por radiografía industrial 1B.....	158
28	Informe de inspección por radiografía industrial 1C.....	159
29	Informe de inspección por radiografía industrial 1D.....	160
30	Informe de inspección por radiografía industrial 2A.....	161

31	Informe de inspección por radiografía industrial 2B.....	162
32	Informe de inspección por radiografía industrial 2C.....	163
33	Informe de inspección por radiografía industrial 2D.....	164
34	Informe de inspección por ultrasonido 1A.....	168
35	Informe de inspección por ultrasonido 1B.....	169
36	Informe de inspección por ultrasonido 2A.....	170
37	Informe de inspección por ultrasonido 2B.....	171
38	Informe de inspección por líquidos penetrantes 1A.....	174
39	Informe de inspección por líquidos penetrantes 1B Tabla 43.....	175
40	Informe de inspección por líquidos penetrantes 2A.....	176
41	Informe de inspección por líquidos penetrantes 2B.....	177
42	Informe de inspección por líquidos penetrantes 2C.....	178
43	Informe de inspección por partículas magnéticas 1A.....	181
44	Informe de inspección por partículas magnéticas 2A.....	182
45	Informe de inspección por partículas magnéticas 1B.....	183
46	Informe de inspección por partículas magnéticas 1C.....	184
47	Informe de inspección por partículas magnéticas 2B.....	185
48	Informe de inspección por partículas magnéticas 2C.....	186
49	Informe de inspección visual 1A.....	188
50	Informe de inspección visual 1B.....	189
51	Especificaciones de procedimiento de soldadura (WPS).....	191
52	Certificado de calificación del procedimiento (PQR).....	192

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
1	Cordón de la soldadura donde el ancho y la profundidad exceden el ancho de la cara de la soldadura.....	12
2	Posiciones de soldadura de canal.....	21
3	Posiciones de soldaduras de filete.....	22
4	Posiciones de placas de ensayo para soldaduras de canal.....	23
5	Posiciones de tubos o tuberías de ensayo para soldaduras de canal.....	23
6	Posiciones de placa de ensayo para soldaduras de filete.....	24
7	Posiciones de tubos o tuberías de ensayo para soldaduras de filete.....	24
8	Localización de muestras de ensayo en una tubería soldada de ensayo.....	41
9	Localización de muestras de ensayo en una tubería soldada tipo cajón.....	42
10	Localización de muestras de ensayo en placas de ensayo-ESW y EGW-calificación WPS.....	42
11	Localización de muestras de ensayo en placas de ensayo de espesor mayor a 3/8 pulg. [10 mm] calificación WPS.....	43
12	Localización de muestras de ensayo en placas de ensayo de espesor 3/8 pulg. [10 mm] y menor calificación WPS.....	44
13	Muestras de doblado de cara y raíz.....	45
14	Muestras de doblado de lado.....	46
15	Muestras de la tracción de la sección reducida.....	47
16	Muestras de tracción de metal de soldadura.....	48
17	Ensayo de doblado guiado con matriz.....	51
18	Ensayo alternativo de doblado envolvente guiado con matriz.....	51
19	Ensayo alternativo de doblado guiado con rodillos con matriz con expulsión de descarga por parte inferior.....	52
20	Ensayos de sanidad de soldaduras de filete para calificaciones WPS.....	57
21	Ensayos de solidez de soldaduras de tubo con filete para calificaciones WPS.....	58
22	Placa de ensayo para espesor ilimitado-calificación de soldador.....	59
23	Placa de ensayo para espesor ilimitado-calificación de operador de soldaduras....	60
24	Localización de muestras de ensayo en la placa soldada de ensayo de espesor 1 pulg. [25 mm] verificación de consumibles para soldaduras de filete calificación WPS.....	61
25	Junta tubular de tope-calificación WPS con y sin respaldo.....	62
26	Ensayo de Junta para Conexiones T-, Y- y K- sin respaldo en tuberías rectangulares o tubulares (6 pulg. [150 mm]-calificación de soldador y WPS.....	64
27	Ensayo de junta de esquina macro-ataque para conexiones T-, Y- y K- sin respaldo en tuberías rectangulares para soldaduras de canal CJP.....	65
28	Ensayo de junta para conexiones T-, Y- y K- sin respaldo en tuberías rectangulares o tubulares (<4 pulg. [100 mm] de diámetro exterior)-calificación de soldador y WPS.	65
29	Ensayo de talón de ángulo agudo (las estricciones no están mostradas).....	66
30	Ensayo de placa opcional con espesor ilimitado-posición horizontal-calificación de soldador.	77

31	Ensayo de placa opcional con espesor ilimitado-todas las opciones-calificación de soldador.....	77
32	Ensayo de placa opcional con espesor limitado-posición horizontal-calificación de soldadura.....	78
33	Ensayo de placa de doblado de soldadura de filete en raíz-soldador u operador-opción2.....	79
34	Localización de muestras de ensayo en tubos soldados tubulares o rectangulares-calificación de soldador.....	80
35	Junto a tope para la calificación de operador de soldaduras-ESW y EGW.....	80
36	Muestras de quiebre de soldadura de filete-calificación de soldadura	81
37	Método de quiebre de muestra-calificación del apuntalador.....	84
38	Junta tubular de tope-calificación de soldador con y sin respaldo.....	85
39	Placa de ensayo de soldadura macro-ataque de tapón-calificación de soldador u operador de soldaduras y calificación del WPS.....	86
40	Quiebre de soldadura de filete y ensayo de placa macro-ataque-calificación de soldador u operador de soldaduras-opción 1.....	87
41	Localización de muestras de ensayo CVN.....	93
42	Clase del agujero IQI.....	109
43	Alambre IQI.....	110
44	Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero o de alambre en juntas de aproximadamente espesores iguales de 10 pulg. [250 mm] y mayores en longitud.....	113
45	Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero o de alambre en juntas de aproximadamente espesores iguales menores de 10 pulg. [250 mm] en longitud.....	113
46	Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero en juntas de transición de 10 pulg. [250 mm] y mayores en longitud.....	114
47	Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero o de alambre en juntas de transición menores de 10 pulg. [250 mm] en longitud.....	114
48	Bloque de borde para ensayos radiográficos (RT).....	118
49	Exposición de una pared-sencilla (vista de la pared sencilla).....	119
50	Exposición de doble-pared (vista de la pared sencilla).....	119
51	Exposición de doble pared-perspectiva (elíptica) de doble pared, dos exposiciones mínimas.....	120
52	Exposición de doble pared-perspectiva de doble pared, tres exposiciones mínimas.....	120
53	Cristal del transductor.....	124
54	Procedimiento de calificación de la unidad de escaneo utilizando el cuadro de referencia IIW.....	124
55	Bloque típico tipo IIW.....	125
56	Posición del transductor (común).....	126
57	Bloque de calificación.....	127
58	Vista de los patrones de escaneo de UT.....	137
59	Técnicas de escaneo.....	142
60	Esquema de distancias de inspección P1 y 2P.....	166
61	Curva DAC adecuada para parámetros de inspección de probetas P1 y P2.	167

LISTA DE ABREVIACIONES

CJP	(Complete joint penetration).-Penetración de unión completa).
EGW	(Electrogas welding).-Proceso EGW soldadura electrogas.
ESW	(Electroslag welding). (Proceso de soldadura electroslag).
FCAW	(Flux cored arc welding). Proceso FCAW (soldadura al arco contundente en el núcleo con metal).
FCAW-G	(Flux cored arc welding - gas shielded). (Proceso FCAW-G (soldadura al arco con fundente en el núcleo de metal con gas protegido).
FCAW-S	(Flux cored arc welding - self-shielded). Proceso FCAW-S (Soldadura al arco con fundente en el núcleo de metal - autoprotegido
GMAW	(Gas metal arc welding). (Soldadura al arco con gas con metal).
GMAW-S	(Gas metal arc welding - short circuit arc). (Soldadura al arco con gas con metal arco de cortocircuito).
GTAW	Soldadura al arco con gas tungsteno.
IQI	(Image quality indicator). IQI (indicador de calidad de imagen).
NDT	Ensayo no destructivo.
OEM	(Original equipment manufacturer). OEM (fabricante del equipo original)
PJP.	Penetración parcial es intencionalmente menor que la penetración completa.
PT	(Liquid penetrant testing). Prueba del líquido penetrante.
SAW	(submerged arc welding). (Soldadura por arco sumergido).

LISTA DE ANEXOS

- A** Tablas de temperatura-contenido de humedad
- B** Guía de métodos alternos para determinar el precalentado.
- C** Ejemplos de planillas de soldadura
- D** Criterios de aceptación de inspección visual
- E** Calificación y calibración de unidades ut con otros bloques de referencia
 aprobados
- F** Calificación de equipo UT y planillas de inspección

GLOSARIO

ALLOY FLUX. (FUNDENTE DE ALEACIÓN). Es un fundente en el cual el contenido de aleación del metal de soldadura depende mayormente.

ALL-WELD-METAL TEST SPECIMEN. (ESPÉCIMEN (PROBETA) DE PRUEBA DE TODO EL METAL DE SOLDADURA. Es un espécimen (probeta de prueba) con la sección reducida compuesta completamente del metal de soldadura.

AMPLITUDE LENGTH REJECTION LEVEL (UT). NIVEL DE RECHAZO DE LONGITUD (UT) Longitud máxima de irregularidad permitida por diversos indicadores asociados con el tamaño de la soldadura.

ANGLE OF BEVEL. (ÁNGULO DE BISEL). Ver ángulo de bisel.

ARC GOUGING. (REBAJE POR ARCO). Éste es un rebaje térmico que utiliza una variación del proceso de corte al arco para formar un bisel o una ranura.

AS-WELDED. (TAL COMO QUEDA SOLDADO). Ésta es la condición del metal de soldadura, las uniones soldadas, y las piezas soldadas después de la soldadura, pero previo a cualquier tratamiento posterior térmico, mecánico o químico.

ATTENUATION (UT). (ATENUACIÓN (UT)). Es la pérdida en la energía acústica, la cual ocurre entre dos puntos del trayecto (avance). Esta pérdida puede deberse a la absorción, reflexión, etc. (en este código, utilizando el método de prueba del eco/pulso de la onda de corte, el factor de atenuación es de 2 dB por pulgada de distancia de recorrido del sonido después de la primera pulgada.

AUTOMATIC WELDING. (SOLDADURA AUTOMÁTICA). La soldadura con equipo que requiere solamente observación ocasional o ninguna observación de la soldadura, y tampoco requiere ajuste manual de los controles del equipo. Las variaciones de este término automatic brazing (equipo automático de soldadura, automatic soldering (soldador automático), automatic thermal cutting (corte térmico automático) y automatic thermal spraying (rociador térmico automático).

AUXILIARY ATTACHMENTS. (DISPOSITIVOS AUXILIARES). Son componentes o aditamentos anexados a los componentes principales que soportan carga mediante soldaduras. Tales componentes pueden o no llevar carga.

AXIS OF A WELD. (EJE DE UNA SOLDADURA). Ver weld axis. (Eje de una soldadura).

BACKGOUGING. (TORCHADO). La eliminación (remoción) del metal de soldadura y del metal base desde el lado de la raíz de soldadura en una unión soldada para facilitar la fusión completa y la penetración completa, luego de una soldadura posterior de ese lado.

BACKING. (RESPALDO). Es un material o dispositivo colocado contra la parte de atrás de la unión, o a ambos lados en una soldadura en el proceso ESW y EGW, para apoyar y retener el metal de soldadura fundido.

BACKING PASS. (PASADA DE RESPALDO). Ésta es una pasada de soldadura hecha para una soldadura de respaldo.

BACKING RING. (ANILLO DE APOYO). Es un backing en la forma de un anillo, generalmente utilizada en la soldadura de tubería.

BACKING WELD. (SOLDADURA POR DETRÁS). Es un refuerzo en forma de soldadura

BACKUP WELD (TUBULAR STRUCTURES). SOLDADURA DE RESPALDO (ESTRUCTURAS TUBULARES). La pasada inicial de fierro en una soldadura de ranura de penetración completa, hecho solo desde un lado; la cual sirve, “backing” para una soldadura posterior, pero no se considera como parte de la soldadura teórica.

BACK WELD. (SOLDADURA POR DETRÁS). Ésta es una soldadura hecha en la parte de atrás de una soldadura de ranura simple.

BASE METAL. (METAL BASE). Es el metal o la aleación que se suelda, se suelda en fuerte, o se corta.

BEVEL ANGLE. (ÁNGULO EN BISEL). Este es el ángulo entre el bisel de un componente de unión y un plano perpendicular a la superficie del componente.

BOX TUBING. (TUBERÍA RECTANGULAR). Es un producto tubular de corte transversal cuadrado o rectangular. (Ver tubular).

BRACE INTERSECTION ANGLE, Θ (TUBULAR STRUCTURES). ÁNGULO DE

INTERSECCIÓN DEL SOPORTE (ESTRUCTURAS TUBULARES). Es el ángulo agudo formado entre las líneas centrales del soporte.

BUILDING CODE. (CÓDIGO DE CONSTRUCCIÓN). Se refiere a la ley de construcción o especificaciones u otras normativas sobre construcción, en conjunto con las que se aplica este código.

BUTT JOINT. (UNIÓN A TOPE). Esta es una unión entre dos componentes alineados aproximadamente en el mismo plano.

BUTT WELD. (SOLDADURA A TOPE). Es un término no estandarizado para una soldadura en una unión a tope.

CAULKING. (RELLENO). Es la deformación plástica de la soldadura y de la superficie del metal base por medios mecánicos para sellar u oscurecer las irregularidades.

COMPLETE FUSION. (FUSIÓN COMPLETA). Fusión sobre las caras de fusión completa y entre todos los cordones de soldadura adjuntos.

CJP GROOVE WELD (STATICALLY AND CYCLICALLY LOADED STRUCTURES). SOLDADURA DE RANURA DE PENETRACIÓN COMPLETA (ESTRUCTURA CARGADA ESTÁTICAMENTE Y CÍCLICAMENTE). Esta es una soldadura de ranura que se ha hecho desde ambos lados o de un lado en un “backing” que tenga penetración completa y la fusión de la soldadura y del metal base a través de toda profundidad de la unión.

CJP GROOVE WELD (TUBULAR STRUCTURES). SOLDADURA DE RANURA DE PENETRACIÓN COMPLETA (ESTRUCTURAS TUBULARES). Es una soldadura de ranura que tiene CJP y la fusión de la soldadura y el metal base a través de toda la profundidad de la unión.

COMPLETE PENETRATION. (PENETRACIÓN COMPLETA). Es un término no estandarizado para CJP. (Penetración completa de la unión).

CONSUMABLE GUIDE ESW. Guía de consumible del proceso.

CONTINUOUS WELD. (SOLDADURA CONTINÚA). Es una soldadura que se extiende

continuamente de un extremo a otro de la unión. En donde la unión sea esencialmente circular, se extiende completamente alrededor de la unión.

CONTRACTOR'S INSPECTOR. (INSPECTOR DEL CONTRATISTA). Esta es la persona debidamente designada quien actúa para y, beneficio del Contratista en todas las materias referentes a la inspección y a la calidad, dentro del ámbito del código y de los documentos del contrato.

CORNER JOINT. (UNIÓN DE ESQUINA). Es una unión entre dos componentes colocados aproximadamente en ángulos rectos entre sí en forma de L.

COVER PASS. (PASADA DE CUBIERTA). Ver cap pass. (Pasada de capa).

CO2 WELDING. (SOLDADURA CO2). Es un término no estandarizado para el proceso GMAW con gas de protección de dióxido de carbono.

CRATER. (CRÁTER). Es una depresión en la cara de la soldadura en la terminación de un cordón de soldadura.

CVN. CVN charpy V-notch.

DECIBEL (DB) (UT). Esta es la expresión logarítmica de una razón de dos amplitudes o intensidades de energía acústica.

DECIBEL RATING (UT). POTENCIA DE DECIBELES (PRUEBA ULTRATÉRMICA). Ver de preferencia el término "indication rating" (indicación de potencia).

DEFECT. (DEFECTO). Es una irregularidad o irregularidades que, por naturaleza o efecto acumulado, (por ejemplo una grieta de longitud total). El término se designa como rechazo.

DEFECTIVE WELD. (SOLDADURA DEFECTUOSA). Esta es una soldadura que contiene una o más defectos.

DEFECT LEVEL (UT). (NIVEL DE DEFECTO). Ver "indication level" (indicación de nivel).

DEFECT RATING (UT). Indicación de potencia. Ver "indication rating" (indicación de potencia).

DEPTH OF FUSION. (PROFUNDIDAD DE LA FUSIÓN). Esta es la distancia en que se prolonga la fusión en el metal base o en el cordón de soldadura previo desde la superficie fundida durante la soldadura.

DIHEDRAL ANGLE. ANGULO DIHEDRAL. Ver local dihedral angle (ángulo de dihedral local).

DISCONTINUITY. (IRREGULARIDAD). Esta es una interrupción de la estructura típica de un material, tal como la falta de homogeneidad en sus características mecánicas o metalúrgicas o físicas. Una irregularidad no es necesariamente un defecto.

DOWNHAND. (MANO ABAJO). Este es un término no estandarizado para “flat welding position” (posición de soldadura plana).

DRAWINGS. (Diseños). Se refiere a los planos de diseños y a los diseños de detalles y a los planos de montaje.

EDGE ANGLE (TUBULAR STRUCTURES). ÁNGULO DEL BORDE (EN ESTRUCTURAS TUBULARES). El ángulo agudo entre un borde biselado hecho para preparar una soldadura y una tangente a la superficie del componente, medido localmente en un plano perpendicular a la línea de intersección.

EFFECTIVE LENGTH OF WELD. (LONGITUD EXCESIVA DE SOLDADURA). Es la longitud a través de la cual existe la sección transversal correctamente proporcionada de la soldadura. En una soldadura curva, deberá medirse a lo largo del eje de la soldadura.

EGW (ELECTROGAS WELDING). PROCESO EGW (SOLDADURA ELECTROGAS). Es un proceso de soldadura al arco que usa un arco entre un electrodo continuo del metal de aporte y el “pool” de soldadura; empleando aproximadamente una soldadura vertical con “backing” para confinar el metal de soldadura fundido. El proceso se utiliza con o sin gas de protección proporcionado externamente y sin la aplicación de presión.

ESW (ELECTROSLAG WELDING). (PROCESO DE SOLDADURA ELECTROSLAG). Este es un proceso de soldadura que produce coalescencia de metales con escoria fundida que derrite el metal de aporte y las superficies de los componentes de trabajo. El “pool” de soldadura está protegido por esta escoria, la cual se mueve a lo largo de la sección transversal completa de la unión mientras se está realizando la soldadura. El proceso se

inicia por un arco que calienta la escoria. El arco luego se apaga por la escama de conducción, la cual se mantiene fundida por su resistencia al paso de la corriente eléctrica entre el electrodo y las piezas que se estén trabajando.

CONSUMABLE GUIDE ESW. GUÍA DE CONSUMIBLE DEL PROCESO ESW. Es una variación del proceso de soldadura electroslog en la cual el metal de aporte es proporcionado por un electrodo y su pieza guía.

END RETURN. CORONAMIENTO (EXTREMOS SOLDADOS). Esta es la continuación de una soldadura de filete alrededor de una esquina de un componente como una prolongación.

ENGINNER. (INGENIERO). Es un individuo debidamente designado quien actúa para y en beneficio del Propietario en todos los asuntos dentro del alcance del código.

FATIGUE. (FATIGA). Tal como se utiliza aquí, se define como el daño que puede resultar en fracturas después de una cantidad suficiente de fluctuaciones de esfuerzos.

FAYING SURFACE. (SUPERFICIE DE EMPALME). Es la superficie que califica con un componente que este en contacto con o en una proximidad cercana a otro componente al cual se va a unir.

FCAW (FLUX CORED ARE WELDING). PROCESO FCAW (SOLDADURA AL ARCO CONTUNDENTE EN EL NÚCLEO CON METAL). Un proceso de soldadura al arco que usa un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte y el “weld pool”. El proceso se utiliza con un gas de protección a partir de un fundente contenido dentro del electrodo tubular.

FCAW-G (FLUX CORED ARE WELDING - GAS SHIELDED). (PROCESO FCAW-G (SOLDADURA AL ARCO CON FUNDENTE EN EL NÚCLEO DE METAL CON GAS PROTEGIDO). Esta es una variación del proceso de soldadura al arco con fundente en el núcleo, en el cual la protección adicional se obtiene de la mezcla del gas que se proporciona externamente.

FCAW-S (FLUX CORED ARE WELDING - SELF-SHIELDED). PROCESO FCAW-S (SOLDADURA AL ARCO CON FUNDENTE EN EL NÚCLEO DE METAL - AUTOPROTEGIDO). Es un proceso de soldadura al arco con fundente protegido en donde la protección se proporciona exclusivamente mediante un fundente contenido dentro del electrodo tubular.

FILLER METAL. (METAL DE APORTE). Es el metal o la aleación que debe agregarse para hacer una soldadura, una unión soldada o una unión soldada en fuerte.

FILLET WELD LEG. (PIERNA DE SOLDADURA DE FILETE). Esta es la distancia desde la raíz de la unión hasta la garganta de la soldadura de filete.

FLARE-BEVEL-GROOVE WELD. (SOLDADURA DE RANURA DEL BISEL SOBRESALIENTE). Es una soldadura en la ranura formada entre un componente de unión con una superficie curva y otra con una superficie plana.

FLASH. (REBABA). Este es el material el cual es expelido o eliminado de las uniones de soldadura que se forman alrededor de la soldadura.

FLAT WELDING POSITION. (POSICIÓN PLANA DE LA SOLDADURA). Esta es la posición de la soldadura que se utiliza para soldar desde la parte superior de la unión hasta un punto en donde el eje de la soldadura sea aproximadamente horizontal y la superficie de la soldadura quede aproximadamente en un plano horizontal.

FLUX CORED ARC WELDING. (SOLDADURA AL ARCO CON FUNDENTE EN EL NÚCLEO DE METAL). Ver FCAW.

FUSION. (FUSIÓN). Es fundir juntos el metal de aporte y el metal base (sustrato), o el metal base solamente para producir una soldadura.

FUSION-TYPE DISCONTINUITY. (IRREGULARIDAD TIPO FUSIÓN). Significa la inclusión de escorias, de fusión incompleta, penetración incompleta de la unión e irregularidades similares asociadas con la fusión.

FUSION ZONE. ZONA DE FUSIÓN. Es el área de metal base fundido según lo determinado en la sección transversal de una soldadura.

GAS METAL ARC WELDING. (SOLDADURA AL ARCO CON GAS CON METAL). Ver GMAW

GAS POCKET. (BACHE DE GAS). Este es un término no estandarizado para porosity (porosidad).

GEOMETRIC UNSHARPNESS. (INEXACTITUD GEOMÉTRICA). Es el aspecto borroso o la

falta de definición en una imagen radiográfica resultante del tamaño de la fuente, de la distancia del objeto a la película y de la distancia de la fuente al objeto. La inexactitud geométrica puede expresarse matemáticamente de la siguiente manera:

$$U_g = F (L_i - L_0) / L_0$$

Donde U_g es la Inexactitud geométrica, F es el tamaño del punto focalizado o la radiación gama, L_i es la distancia de la fuente a la película y L_0 es la distancia de la fuente al objeto.

GMAW (GAS METAL ARC WELDING). (SOLDADURA AL ARCO CON GAS CON METAL). Este es un proceso con soldadura al arco que utiliza un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte “weld pool”, el proceso se usa con una protección de un gas proporcionado externamente y sin la aplicación de presión.

GMAW-S (GAS METAL ARC WELDING - SHORT CIRCUIT ARC). (SOLDADURA AL ARCO CON GAS CON METAL ARCO DE CORTOCIRCUITO). Esta es una variación del proceso de soldadura al arco con gas con metal en la cual el electrodo consumido se deposita durante repetidos cortocircuitos.

GROOVE ANGLE. (ÁNGULO DE RANURA). Este es el ángulo total incluido de la ranura entre las piezas que van a unirse.

GROOVE ANGLE, Φ (TUBULA STRUCTURES). ÁNGULO DE RANURA Φ (ESTRUCTURAS TUBULARES). Este es el ángulo entre las caras opuestas de la ranura que van a rellenarse con metal de soldadura, determinados después de que la unión se haya ajustado.

GROOVE FACE. (CARA DE LA RANURA). La superficie de una pieza de unión incluida en la ranura.

GROOVE WELD. (SOLDADURA DE RANURA). Esta es una soldadura hecha en la ranura entre las piezas que van a unirse.

GTAW. Soldadura al arco con gas tungsteno.

HAZ (HEAT - AFFECTED ZONE). ZAT (ZONA AFECTADA TÉRMICAMENTE). Esta es la porción del metal base cuyas propiedades metálicas o microestructuras han sido alteradas por el calor de la soldadura, la soldadura fuerte o el corte térmico.

HEAT – AFFECTED ZONE. (ZONA AFECTADA TÉRMICAMENTE). Ver HAZ (ZAT)

HORIZONTAL FIXED POSITION (PIPE WELDING). POSICIÓN FIJA HORIZONTAL (SOLDADURA DE CAÑERÍAS). La posición de una unión de cañerías en la cual el eje de ésta es aproximadamente horizontal y la cañería no se rota durante la soldadura.

HORIZONTAL WELDING POSITION, *FILLET WELD*. (POSICIÓN DE SOLDADURA HORIZONTAL, *SOLDADURA DE FILETE*). Posición de la soldadura en la cual esta se ubica en el lado superior de una superficie aproximadamente horizontal y contra una superficie aproximadamente vertical.

HORIZONTAL REFERENCE LINE (UT). LÍNEA DE REFERENCIA HORIZONTAL (UT). Esta línea horizontal cerca del centro del alcance del instrumento UT, al cual se ajustan los ecos para la lectura de decibeles.

HORIZONTAL ROTATED POSITION (PIPE WELDING). POSICIÓN ROTADA HORIZONTAL (SOLDADURA DE CAÑERÍA). Es la posición de una unión de cañería en la cual el eje de esta es aproximadamente horizontal y la soldadura se efectúa en posición plana haciendo rotar la cañería.

HOT SPOT STRAIN (TUBULAR STRUCTURES). TENSIÓN EN EL PUNTO CALIENTE (ESTRUCTURAS TUBULARES). Este es el rango cíclico total de la tensión, la cual se podría medir en el punto de la concentración más alta de esfuerzo en una conexión soldada.

IQI (IMAGE QUALITY INDICATOR). IQI (INDICADOR DE CALIDAD DE IMAGEN). Este es un dispositivo cuya imagen se usa en una radiografía para determinar el nivel de calidad RT (test radiográfico).

IMAGE QUALITY INDICATOR. INDICADOR DE CALIDAD DE IMAGEN. Ver IQI.

INDICATOR (UT). INDICACIÓN (UT) (PRUEBA ULTRASÓNICA). Es la señal desplegada en el osciloscopio que significa la presencia de una onda sonora en el reflector en la parte que se está sometiendo a prueba.

INDICATOR LEVEL (UT). NIVEL DE INDICACIÓN (PRUEBA ULTRASÓNICA). Es la lectura de la ganancia calibrada o en control de atenuación obtenido por la indicación de la altura de la línea de referencia de una irregularidad.

INDICATION RATING (UT). VALOR DE INDICACIÓN (PRUEBA ULTRATÉRMICA). Esta es la lectura de decibeles en relación al nivel de referencia cero después de haber sido corregido por la atenuación de sonido.

INTERMITTENT WELD. (SOLDADURA INTERMITENTE). Es una soldadura en donde la continuidad se rompe, debido a espacios recurrentes no soldados.

INTERPASS TEMPERATURE. (TEMPERATURA ENTREPASADAS). En una soldadura de pasadas múltiples, la temperatura del área de soldadura entre las pasadas de la soldadura.

JOINT. (UNIÓN). Esta es la unión de los bordes de las piezas que vayan a unirse o que se hayan unido.

JOINT PENETRATION. (PENETRACIÓN DE LA UNIÓN). Es la distancia del metal de soldadura que se prolonga desde la cara de la soldadura dentro de una unión, exclusivo en el refuerzo de soldadura.

JOINT ROOT. (RAÍZ DE LA UNIÓN). Porción de una unión que se va a soldar en donde los componentes se aproximan lo más cercanamente posible entre sí.

JOINT WELDING PROCEDURE. (PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA DE UNIÓN). Estos son los materiales y los métodos detallados y las prácticas empleadas en la soldadura de una unión particular.

LAP JOINT. (UNIÓN DE TRASLAPE). Esta es una unión entre dos componentes traslapados en planos paralelos.

LAYER. (CAPA). Este es un estrato del metal de soldadura o del material de superficie. La capa puede consistir en una o en más cordones de soldadura colocados de lado a lado.

LEG (UT). PIERNA (LADO) (PRUEBA ULTRATÉRMICA). Esto es el trayecto que recorre la onda de corte en línea recta antes de ser reflejado por la superficie del material que se está sometiendo a prueba.

LEG OF A FILLET WELD. (PIERNA DE UNA SOLDADURA DE FILETE). Ver fillet weld leg (pierna de soldadura de filete).

MACHINE WELDING. (SOLDADURA A MÁQUINA). Es una soldadura con equipo que efectúa la operación de soldadura bajo la observación constante y el control de un operador de soldadura.

MANUAL WELDING. (SOLDADURA MANUAL). Es una soldadura, soplete, pistola para soldar o electrodos y se manipulan manualmente.

MT. MT. Prueba de partícula magnética.

NDT. Ensayo no destructivo.

NODE (UT). NODO (PRUEBA ULTRASÓNICA). Ver leg (pierna/lado).

NOMINAL TENSILE STRENGTH OF THE WELD METAL. ESFUERZO DE TENSION NOMINAL DEL METAL DE SOLDADURA. Es el esfuerzo de tensión del metal de soldadura indicado por el número de clasificación del metal de aporte (por ejemplo el esfuerzo de tensión nominal de E60XX es 60ksi [420 MPa]).

OEM (ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURER). OEM (FABRICANTE DEL EQUIPO ORIGINAL). Es un contratista único que asume todas o parte de la responsabilidad asignada por el código al Ingeniero.

OVERHEAD WELDING POSITION. (POSICIÓN DE SOLDADURA DE SOBRECABEZA). La posición de la soldadura en la cual la soldadura se efectúa desde la parte de abajo de la unión.

OVERLAP, *FUSION WELDING*. (TRASLAPE SOLDADORA DE FUSIÓN). Es la prominencia del metal de soldadura más allá de la garganta de soldadura o de la raíz de soldadura.

OWNER. (PROPIETARIO). Es un individuo o la compañía que ejerce la propiedad legal del producto o el montaje estructural producido mediante el código.

OXYGEN CUTTING (OC). (CORTE CON OXÍGENO). Es un grupo de procesos de corte térmico que separa o quita el metal por medio de la reacción química entre el oxígeno y el metal base a elevadas temperaturas.

OXYGEN GOUGING. (REBAJE CON OXÍGENO). Es el rebaje térmico que utiliza una variación del proceso de corte con oxígeno para formar un bisel o una ranura.

PARALLEL ELECTRODE. (ELECTRODO PARALELO). Ver SAW (soldadura con arco sumergido).

PASS. (PASADA). Ver weld pass (pasada de soldadura).

PEENING. MARTILLADO (APRIETE). Es el trabajo mecánico de los metales utilizando golpes de impacto.

PIPE. (CAÑERÍA). Producto de forma tubular de sección transversal circular.

PIPPING POROSITY (ESW AND EGW). POROSIDAD DE LA CAÑERÍA (PROCESOS ESW Y EGW). Porosidad extendida cuya mayor dimensión reside en una dirección aproximadamente paralela al eje de la soldadura.

PIPPING POROSITY (GENERAL). POROSIDAD DE LA CAÑERÍA (GENERAL). Es la porosidad extendida cuya mayor dimensión reside en una dirección aproximadamente normal a la superficie de la soldadura. Frecuentemente se refieren como “*pin holes*”, (orificios de alfiler), cuando la porosidad se extiende hasta la superficie de la soldadura.

PJP. Penetración parcial es intencionalmente menor que la penetración completa.

PLUG WELD. (SOLDADURA TIPO TAPÓN REDONDO). Es una soldadura hecha en un orificio circular en un componente de una unión que funde este componente con otra pieza. Un orificio soldado en filete no deberá construirse conforme a esta definición.

POROSITY. (POROSIDAD). Irregularidades tipo cavidad formadas por el atrapamiento de gas durante la solidificación o en un depósito de pulverización térmica.

POSITIONED WELD. (SOLDADURA COLOCADA). Es una soldadura hecha en una unión que ha sido colocada para facilitar la realización de una soldadura.

POSTWELD HEAT TREATMENT. (TRATAMIENTO TÉRMICO POS - SOLDADURA). Cualquier tratamiento térmico después de soldar.

PREHEATING. (PRECALENTAMIENTO). Es la aplicación de calor al metal base

inmediatamente antes de la soldadura, soldadura fuerte, o pulverización térmica ó corte.

PREHEAT TEMPERATURE, *WELDING*. (TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO PARA *SOLDADURA*). La temperatura del metal base en el volumen que rodea el punto de la soldadura inmediatamente antes de que esta se inicie. En una soldadura de pasadas múltiples, también es la temperatura inmediatamente antes de que se inicie la segunda pasada y las posteriores.

PT. Liquid penetrant testing. Prueba del líquido penetrante.

PWHT. "Post weld heat treatment" Tratamiento térmico pos-soldadura.

QUALIFICATION. (CALIFICACIÓN). Ver "welder performance qualification and WPS qualification". Ver calificación del comportamiento del soldador y calificación del WPS.

RANDOM SEQUENCE. (FRECUENCIA ERRÁTICA). Es una secuencia longitudinal en la cual los incrementos del cordón de soldadura se hacen al azar.

REFERENCE LEVEL (UT) NIVEL DE REFERENCIA (TEST ULTRASÓNICO). Es la lectura en decibeles obtenida de una indicación de la lectura horizontal de la línea de referencia a partir de un receptor de referencia.

REFERENCE REFLECTOR (UT). REFLECTOR DE REFERENCIA (PRUEBA ULTRASÓNICA). El reflector de la geometría conocida contenida en el bloque de referencia IIW, u otros bloques aprobados.

REINFORCEMENT OF WELD. (REFUERZO DE SOLDADURA). Ver "weld reinforcement". (Refuerzo de soldadura).

REJECTABLE DISCONTINUITY. (IRREGULARIDAD RECHAZADA). Ver defectos.

RESOLUTION (UT). (RESOLUCIÓN (PRUEBA ULTRASÓNICA)). Es la habilidad del equipo de prueba ultrasónica para entregar indicaciones separadas de los reflectores estrechamente espaciados.

ROOT FACE. (CARA DE LA RAÍZ). Es la porción de la superficie de la raíz dentro de la raíz de la unión.

ROOT GAP. (ABERTURA DE LA RAÍZ). Este es un término no estandarizado para “root opening” (abertura de raíz).

ROOT OF JOINT. (RAÍZ DE LA UNIÓN). Ver “joint root” (raíz de unión) root of weld. Raíz de soldadura. Ver weld root (raíz de soldadura).

ROOT OPENING. ABERTURA DE LA RAÍZ. Es una separación en la raíz de la unión entre las piezas que van a trabajar.

RT. “RADIOGRAPHIC TESTING. Prueba radiográfica.

SAW (SUBMERGED ARC WELDING). (SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO). Este es un proceso de soldadura al arco que usa un arco o arcos entre un electrodo de metal no protegido o electrodos “weld pool”. El arco y el metal fundido se protegen por un manto de fundente granular en las piezas que van a trabajarse.

SINGLE ELECTRODE. (ELECTRODO ÚNICO). Es un electrodo conectado exclusivamente a una fuente de poder, la cual puede consistir en uno o más unidades de poder.

PARALLEL ELECTRODE. (ELECTRODO PARALELO). Estos son dos electrodos conectados eléctricamente en paralelo y exclusivamente a la misma fuente de poder.

MULTIPLE ELECTRODES. (ELECTRODOS MÚLTIPLES). Es la combinación de dos o más electrodos únicos o en sistemas de electrodos paralelos.

SCANNING LEVEL (UT). NIVEL DE EXPLORACIÓN (PRUEBA ULTRASÓNICA). El ajuste de decibeles utilizados durante la exploración.

SEMI-AUTOMATIC WELDING. (SOLDADURAS SEMI-AUTOMÁTICAS). Esta es la soldadura manual con equipo que controla automáticamente uno o más de las condiciones soldadas.

SHIELDED METAL ARC WELDING. (SOLDADURA AL ARCO CON METAL PROTEGIDO). Ver SMAW.

SHIELDING GAS. (GAS DE PROTECCIÓN). Es el gas de protección utilizado para evitar o reducir la contaminación atmosférica.

SINGLE-WELDED JOINT. (UNIÓN SOLDADA SIMPLE). Es una unión que está soldada solamente desde un lado.

SIZE OF WELD. (TAMAÑO DE SOLDADURA). Ver “weld size” (tamaño de soldadura).

SLOT WELD. (SOLDADURA RANURADA). Esta es una soldadura hecha en un orificio alargado en un componente de una unión que funde este componente con otro.

SMAW (SHIELDED METAL ARC WELDING). (SOLDADURA AL ARCO CON METAL PROTEGIDO). Es un proceso de soldadura al arco con un arco entre un electrodo cubierto y el “weld pool”. El proceso se usa con protección de la descomposición de la cubierta del electrodo, sin la aplicación de presión, y con el metal de aporte del electrodo.

SOUND BEAM DISTANCE (UT). DISTANCIA DEL HAZ ACÚSTICO (PRUEBA ULTRASÓNICA). Ver “sound path distance” (distancia del trayecto acústico).

SOUND PATH DISTANCE (UT). DISTANCIA DEL TRAYECTO ACÚSTICO (PRUEBA ULTRASÓNICA). Es la distancia entre la interface del material de prueba de la unidad de exploración y el reflector mientras se mide a lo largo de la línea central del haz de sonido.

SPATTER. (SALPICADURAS). Son las partículas metálicas que se expelen durante la soldadura por fusión que no forman parte de la soldadura.

STRINGER BEAD. (CORDÓN DE SOLDADURA DE FIBRA). Es un tipo de cordón de soldadura hecho sin un movimiento tipo tejido apreciable.

STUD BASE. BASE STUD (BASE DEL TORNILLO). Es la punta del tornillo al extremo de la soldadura, incluyendo en fundente y el contenedor y 1/8 pulgadas [3 mm] del cuerpo del “stud” adyacente a la punta.

STUD ARC WELDING (SW). (SOLDADURA “STUD” AL ARCO). Este es un proceso de soldadura al arco que produce coalescencia de metales calentándolos con un arco entre un “stud” metálico o un componente similar y otras piezas.

SUBMERGED ARC WELDING. (SOLDADURA POR ARCO SUMERGIDO). Ver SAW.

TACK WELD. (PINCHAZO). Es una soldadura hecha para sostener los componentes de

una pieza soldada en alineamiento apropiado hasta que se realicen las soldaduras finales.

TACK WELDER. (SOLDADOR PINCHADOR). Es un ajustador o alguien supervisado por un ajustador quién suelda con pinchazos los componentes de una pieza soldada para mantenerlos en alineación apropiada hasta se realicen las soldaduras finales.

TANDEM. TÁNDEM (EN SERIE). Se refiere a la disposición geométrica de los electrodos en el cual una línea a través de los arcos es paralela a la dirección de la soldadura.

TEMPORARY WELD. (SOLDADURAS TEMPORALES). Es una soldadura hecha para anexar una pieza o varias piezas a una estructura soldada para uso temporal, para su manipulación despacho o trabajo en la pieza soldada.

THERMAL GOUGING. (REBAJE TÉRMICO). Es una variación del proceso de corte térmico que quita el metal fundiendo o quemando toda la porción removida, para formar un bisel o ranura.

THROAT OF A FILLET WELD. (Garganta de una soldadura de filete). ACTUAL THROAT. (GARGANTA REAL). Esta es la distancia más corta entre la raíz de la soldadura y la cara de una soldadura de filete.

THEORETICAL THROAT: Garganta Teórica. Es la distancia desde el inicio de la raíz de la unión perpendicular a la hipotenusa del triángulo recto mayor que pueda inscribirse dentro de la sección transversal de una soldadura de filete. Esta dimensión se basa en la presunción de que la abertura de la raíz es igual a cero.

THROAT OF A GROOVE WELD: Garganta de una soldadura de ranura. Este es un término no estandarizado para “groove weld size” (Tamaño de soldadura de ranura).

T-JOINT: Unión en T. Esta es una unión entre 2 componentes localizados aproximadamente en ángulos rectos entre sí en una forma de T.

TOE OF WELD: Garganta de la Soldadura. Ver “weld toe” (garganta de la soldadura).

TRANSVERSE DISCONTINUITY. (IRREGULARIDAD). Esta es una irregularidad de soldadura, cuyas mayores dimensiones están en dirección perpendicular al eje de la soldadura “X”.

TUBULAR CONEXIONS. (CONEXIÓN TUBULAR). Esta es una conexión en la parte de una estructura que contiene dos o más componentes de intersección, a lo menos uno de los cuales es una pieza tubular.

TUBULAR JOINT. (UNIÓN TUBULAR). Es una unión en la interfase creada por la intersección de un componente tubular con otro (el cual puede o no ser tubular).

UNDERCUT. (SOCAVAMIENTO). Esta es una ranura fundida en un metal base adyacente a la garganta de la soldadura o a la raíz de la soldadura y se deja sin relleno de metal de soldadura.

UT: Prueba Ultrasónica

VERIFICATION INSPECTOR. (INSPECTOR DE VERIFICACIÓN). Es la persona debidamente designada quien actúa para y en beneficio del Propietario en la inspección y en los asuntos de la calidad designados por el Ingeniero.

VERTICAL WELDING POSITION. (POSICIÓN VERTICAL DE LA SOLDADURA). La posición de la soldadura en la cual el eje de la soldadura, en el punto de la soldadura es aproximadamente vertical y la cara de la soldadura quedan aproximadamente en el plano vertical.

VERTICAL POSITION (PIPE WELDING). POSICIÓN VERTICAL (SOLDADURA DE CAÑERÍA). La posición de la unión de una cañería en la cual se efectúa la soldadura en posición horizontal y la cañería no se rota durante la soldadura.

V-PATCH (UT). RECORRIDO V (PRUEBA ULTRASÓNICA). La distancia que un haz de sonido de onda de corte realiza un trayecto desde la interfase del material de prueba de la unidad de exploración hasta la otra fase del material de prueba y vuelve a la superficie.

WEAVE BEAD. (CORDÓN DE SOLDADURA ENTRETEJIDO). Es un tipo de cordón de soldadura hecho con oscilación transversal.

WELD. (SOLDADURA). Es una coalescencia localizada de metales o no metales producidos por el calentamiento de materiales para la temperatura de la soldadura, con o sin la aplicación de presión o por las aplicaciones solo de presión y con o sin el uso de material de aporte.

WELDABILITY. (SOLDABILIDAD). Es la capacidad de un material para ser soldado bajo condiciones impuestas de fabricación en una estructura específica apropiadamente diseñado y realizar satisfactoriamente el servicio requerido.

WELD AXIS. (EJE DE SOLDADURA). Es una línea a través de la longitud de una soldadura, perpendicular a y en el centro geométrico de su sección transversal.

WELD BEAD. (CORDÓN DE SOLDADURA). Es una soldadura resultante de una pasada. Ver stringer bead y weave bead (cordón de nervadura y cordón entretejido).

WELDER. (SOLDADOR). Una persona que realice una operación de soldadura manual o semiautomática.

WELDER CERTIFICATION. (CERTIFICACIÓN DEL SOLDADOR). Esta es una certificación escrita de que un soldador ha producido soldaduras que cumplan con las normas prescritas del comportamiento del soldador.

WELDER PERFORMANCE QUALIFICATION. (CALIFICACIÓN DEL COMPORTAMIENTO DEL SOLDADOR). Esta es la demostración de la habilidad de un soldador para producir soldaduras que cumplan con las normas prescritas.

WELD FACE. (CARA DE LA SOLDADURA). Esta es la superficie expuesta de una soldadura en un lado desde el cual se ha hecho la soldadura.

WELDING MACHINE. (MÁQUINA SOLDADORA). Este equipo se utiliza para realizar la operación de soldadura. Por ejemplo la máquina de soldadura “spot”, la máquina de soldadura al arco y la máquina de soldadura de cordón.

WELDING OPERATOR. (OPERADOR DE SOLDADURA). Esta es una persona que opera el control de un equipo de soldadura automático, mecanizado o robótico.

WELDING SEQUENCE. (SECUENCIA DE SOLDADURA). Es el orden para realizar la soldadura en una pieza soldada.

WELD PASS. (PASADA DE SOLDADURA). Es una progresión única de soldadura a lo largo de una unión. El resultado de una pasada es un cordón de soldadura o una capa de soldadura.

WELD REINFORCEMENT. (REFUERZO DE SOLDADURA). El metal de soldadura excedente en cuanto a la cantidad requerida para rellenar una unión.

WELD ROOT. (RAÍZ DE SOLDADURA). Estos son los puntos, tal como se muestran en la sección transversal, en la cual la superficie de la raíz interfecta la superficie de un metal.

WELD SIZE: Tamaño de soldadura

FILLET WELD SIZE. (TAMAÑO DE LA SOLDADURA DE FILETE). Para las soldaduras de filete de piernas (lados) iguales, la longitud de las piernas del triángulo recto isósceles de mayor tamaño que se pueda inscribir dentro de la sección transversal de la soldadura de filete. Para la soldadura de filete de piernas desiguales, la longitud de estas del triángulo recto de mayor tamaño que pueda inscribirse dentro de la sección transversal de la soldadura de filete.

GROOVE WELD SIZE. (TAMAÑO DE LA SOLDADURA DE RANURA). La penetración de la unión de una soldadura de ranura.

WELD TAB. (PLANTA DE EXTENSIÓN DE SOLDADURA). Es el material adicional que se extiende más allá de cada unión, en la cual se inicia o termina la soldadura.

WELD TOE. (GARGANTA DE SOLDADURA). La unión de la cara de la soldadura y el metal base.

WELDMENT. (PIEZA SOLDADA). Este es un conjunto cuyos componentes están unidos mediante soldadura.

WPS QUALIFICATION. (CALIFICACIÓN DEL WPS). Es la demostración que la soldadura hecha mediante un procedimiento específico puede cumplir con las norma.

WPS (WELDING PROCEDURE SPECIFICATION). (ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA). Los métodos detallados y las prácticas que incluyen los procedimientos de soldadura uniones, involucrados en la producción de una pieza soldada. Ver “joint welding procedure” (procedimiento de unión de soldadura).

RESUMEN

El mantenimiento de elementos estructurales mediante la aplicación del código AWS D1.1 tiene por objetivo orientar sobre la importancia del código de Mantenimiento de elementos estructurales mediante la aplicación del Código AWS D1.1, que es indispensable para cualquier tipo de estructura soldada realizada en aceros al carbono y de baja aleación para construcción.

Se parte de una investigación minuciosa para obtener información básica sobre el alcance y las limitaciones del código, definiciones clave y las responsabilidades principales de las partes involucradas en la construcción con acero.

Contempla los requerimientos para la calificación de la WPS (Especificación de los Procedimientos de Soldadura) y los ensayos de calificación que todo el personal de soldadura (soldadores, operadores de soldadura) que deben acreditar para llevar a cabo soldaduras en conformidad con el código.

Se define los parámetros para la calificación y responsabilidades de los inspectores, los criterios de aceptación para las soldaduras de producción y los procedimientos estándar para llevar a cabo una inspección visual y un END (ensayo no destructivo).

Finalmente los métodos de END aplicados a las probetas P1 y P2, respectivamente con el fin de contrastar los resultados arrojados con la inspección por cada método de END aplicable y lo estipulado en cada uno de los códigos de la norma.

ABSTRACT

The maintenance of structural elements by means of the application of AWS D1.1 code has as objective to guide about the importance of maintenance code of structural elements by means of the application of AWS D1.1 code that is indispensable for any kind of welded structure made of carbon steels of low alloy for construction.

It comes from a thorough investigation for obtaining basic information about scope and limitations of the code, key definitions and the principal responsibilities of the involved part of the construction with steel.

It contemplates the requirements for the WPS test (Specification of Welding Procedures) and the qualification test that all the welding staff (welders, welding operators) that must accredit for carrying out welds in accordance with the code.

Parameters for the rating and responsibilities of the inspectors are defined, the acceptance criteria for the production welds and the standard procedures for performing a visual inspection and NDT (non-destructive test).

Finally, the NDT methods applied to P1 and P2 test tubes, respectively in order to contrast the obtained result with the inspection for each NDT method applicable and what was stipulated in each one of the standard codes.

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La adopción de un sistema de Mantenimiento de elementos estructurales con un enfoque basado en procesos, lleva implícito el compromiso de mejora, siendo la gestión por procesos actualmente la base operativa de muchas organizaciones exitosas, y gradualmente se van convirtiendo en la base estructural de un mayor número de entidades públicas o privadas.

Para que una organización con dependencia pública o privada pueda proporcionar servicios que demanden sus clientes, es necesario que el trabajo fluya entre los diferentes niveles de participación ciudadana, teniendo en cuenta los requisitos aplicables a cada actividad, relativos a servicios, recursos humanos, etc.

Cuando hablamos del Mantenimiento, la gestión administrativa de procesos denota un sistema netamente burocrático, debido a que los servidores públicos o privados tienen sus funciones pero no están definidas de acuerdo a un manual por competencias, razón por la cual, la agilidad con que se cumplen los procesos son poco eficaces tanto para los clientes externos como para los clientes internos, además sin bien; en nuestro medio se realiza cierta clase o tipo de mantenimiento en elementos estructurales, ésta se lleva a cabo sin normas o estándares internacionales, de allí la importancia y necesidad de realizar nuestro proyecto.

1.2 Justificación

Normalizar el proceso de mantenimiento de elementos estructurales en sus componentes principales: vigas y columnas, permitirá llevar a cabo una sistematización de mantenimiento que disminuya grandemente la deformación que sufren estos elementos continuamente, de esta manera, asegurar la calidad total de la fabricación de estos

elementos, garantizar la productividad, la calidad y la confianza organizacional, permitiendo, que esta alternativa de normalización del proceso de mantenimiento de elementos estructurales, conlleve a manejar adecuadamente el programa de mantenimiento. El resultado de esta investigación beneficiará a los clientes internos (personal involucrado en el proceso de fabricación del área de estructuras: soldadores, fabricantes, supervisores, inspectores, entre otros) y externos (cliente final de cada proyecto). Siendo este último su principal mercado, la empresa debe garantizar 100% de calidad tal como lo establece su política.

Se beneficiará tanto la empresa como todos los trabajadores presentes y futuros ya que se mantendrá una retroalimentación de información de fácil manejo, fácil acceso y fácil comprensión, de igual manera se determinará el enfoque del trabajador hacia la prevención y no hacia la corrección.

1.3 Objetivos

1.3.1 *Objetivo general.* Realizar el Mantenimiento de elementos estructurales mediante la aplicación del Código AWS D1.1

1.3.2 *Objetivos específicos:*

Comprobar el cumplimiento en los procesos necesarios para la aplicación del mantenimiento de elementos estructurales a través del Código AWS D1.1.

Justificar la calificación de procedimientos de soldadura para elementos estructurales.

Analizar y discutir resultados de los ensayos realizados con las respectivas probetas.

Elaboración del WPS y PQR.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Soldadura por arco metálico protegido (SMAW)

2.1.1 Electrodo SMAW. Los electrodos para SMAW. deben estar en conformidad con los requerimientos de la edición más reciente de la AWS A5.1/A5.1M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*, o a los requerimientos de la AWS A5/A5.5M, *Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Shielded Metal Arc Welding*.

2.1.1.1 Condiciones de almacenamiento de electrodos de bajo hidrógeno. Todos los electrodos que tengan revestimiento de bajo hidrógeno en conformidad con AWS A5.1 y AWS A5.5 deben adquirirse en contenedores herméticamente sellados o deben ser horneados por el usuario en conformidad con 2.1.1.4 antes de su uso, inmediatamente después de abrir el contenedor herméticamente sellado, los electrodos deben almacenarse en hornos a una temperatura de por lo menos 250°F [120°C]. Los electrodos no deben re-hornearse más de una vez, los electrodos que se han humedecido no deben usarse.

2.1.1.2 Períodos de tiempo atmosférico aprobados. Después de abrir los contenedores herméticamente sellados o después de retirar los electrodos de los hornos de almacenamiento, la exposición del electrodo a la atmósfera no debe exceder los valores mostrados en la columna A, tabla 1, para la clasificación específica del electrodo con señales complementarias opcionales, donde sea aplicable.

Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos menores a los permitidos por la columna A, tabla 1 pueden regresarse a un horno mantenido a 250°F [120°C] mínimo; después de un período mínimo de cuatro horas a 250°F [120°C] mínimo, los electrodos se pueden redistribuir.

Tabla 1. Exposición atmosférica permisible de los electrodos de bajo hidrógeno.

Electrodo	Columna A (horas)	Columna B (horas)
A5.1		
E70XX	4 max.	Más de 4 a 10 max.
E70XXR	9 max.	
E70XXHZR	9 max.	
E7018M	9 max.	
A5.5		
E70XX-X	4 max.	Más de 4 a 10 max.
E80XX-X	2 max.	Más de 2 a 10 max.
E90XX-X	1 max.	Más de 1 a 5 max.
E100XX-X	1/2 max.	Más de 1/2 a 4 max.
E110XX-X	1/2 max.	Más de 1/2 a 4 max.

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

2.1.1.3 *Períodos de tiempo de exposición atmosférica alternativos establecidos por ensayos.* Los valores de tiempo de exposición alternativos mostrados en la columna B de la tabla 1 pueden usarse siempre que el ensayo establezca el tiempo máximo permisible. El ensayo debe realizarse en conformidad con la subsección 3.10 de la AWS A5.5, para cada clasificación del electrodo y cada fabricante del electrodo, dichas pruebas deben establecer que no se excedan los valores máximos de contenido de humedad de la AWS A5.5 (tabla 9). Adicionalmente, los revestimientos de los electrodos de bajo hidrógeno E70XX o E70XX-X (AWS A5.1 o A5.5) deben estar limitados a un contenido máximo de humedad que no exceda 0.4% por peso.

Estos electrodos no deben usarse a combinaciones de humedad relativa-temperatura que excedan la humedad relativa o el contenido de humedad en el aire que predominó durante el programa del ensayo.

Para una aplicación apropiada de esta subsección, ver el anexo A para el cuadro de contenido de temperatura-humedad y sus ejemplos. El cuadro mostrado en el anexo A, o cualquier cuadro psicométrico estándar, debe usarse para la determinación de los límites de temperatura-humedad relativa.

2.1.1.4 Horneado de electrodos. Los electrodos expuestos a la atmósfera por períodos mayores a los permitidos en la tabla 1 deben hornearse como sigue:

- Todos los electrodos que tengan revestimientos de bajo hidrógeno en conformidad con AWS A5.1 deben hornearse por lo menos dos horas entre 500°F y 800°F [260°C y 430°C], o
- Todos los electrodos que tengan revestimientos de bajo hidrógeno en conformidad con AWS A5.5 deben hornearse por lo menos una hora a temperaturas entre 700°F y 800°F [370°C y 430°C].

Todos los electrodos deben colocarse en un horno adecuado a una temperatura que no exceda la mitad de la temperatura de horneado final para un mínimo de media hora antes de incrementar la temperatura del horno a la temperatura de horneado final. El tiempo de horneado final debe empezar después de que el horno alcance la temperatura de horneado final.

2.1.1.5 Restricciones del electrodo para aceros ASTM A514 o A517. Cuando se usan para soldar aceros ASTM A 514 o A517, los electrodos de cualquier clasificación menor de E100XX-X, a excepción de E7018M y E70XXH4R, deben ser horneados por lo menos una hora a temperaturas entre 700°F y 800°F [370°C y 430°C] antes de usarse, ya sea que vengan en contenedores sellados herméticamente o de otra manera.

2.1.2 Procedimientos para la soldadura por arco metálico protegido. El trabajo para soldadura se coloca en posición plana siempre que sea posible, la clasificación y el tamaño del electrodo, longitud del arco, el voltaje y amperaje deberán ser aptas para el espesor del material, el tipo de ranura, las posiciones de soldadura, y otras circunstancias para asistir al trabajo, la corriente de soldadura debe estar dentro del rango recomendado por el fabricante del electrodo (PATTON, 1982).

2.1.2.1 Diámetro máximo de los electrodos. Será de la siguiente manera:

- 5/16 pulg. [8 mm] para todas las soldaduras realizadas en la posición plana, excepto pasadas de raíz.

- ¼ de pulg. [6 mm] para la raíz de las soldaduras de filete de un solo pase hechas en posición plana y soldaduras de canal hechas en posición plana con soporte y con una abertura de raíz de ¼ pulg. o más.
- 5/32 pulg. [4 mm] para las soldaduras realizadas con electrodos de hidrógeno EXX14 y baja en las posiciones verticales y elevadas.
- 3/16 pulg. [4,8 mm] para la raíz de las soldaduras de canal de un solo pase y para todos los demás soldaduras no indicados en 1, 2, 3, 4.

El tamaño mínimo de un cordón de raíz debe ser suficiente para evitar que se rompa.

El espesor máximo de la raíz en soldaduras de canal de un solo pase será de ¼ pulg. (Welding Brazing and Soldering, 1993)

2.1.2.2 *Tamaño máximo de las soldaduras en ángulo de un solo pase y para la raíz de las soldaduras en ángulo de paso múltiple. Será:*

- 3/8 pulg. [10 mm] en la posición plana.
- 5/16 pulg. [8 mm] en las posiciones horizontales o generales.
- 1/2 pulg. [12 mm] en la posición vertical.

2.1.2.3 *Espesor máximo de las capas posteriores de las soldaduras pasadas de raíz de canal y de filete. Será:*

- 1/8 pulg. [3 mm] para las capas posteriores de las soldaduras realizadas en la posición plana.
- 3/16 pulg. [4 mm] para las capas posteriores de las soldaduras realizadas en las posiciones verticales, de arriba u horizontal.

2.2 Soldadura por arco de metal con gas y por arco con alambre tubular (GMAW/FCAW)

2.2.1 *Electrodos GMAW/FCAW.* Los electrodos para GMAW o FCAW deberán cumplir con los requerimientos de 2.2.1.1 o 2.2.1.2, según aplique.

2.2.1.1 *Metal de soldadura con resistencia a la fluencia de 60 Ksi [415 MPa] o menor.* Los electrodos para producir metal de soldadura con resistencias a la fluencia mínima especificada de 60 ksi [415 MPa] o menor, deben estar en conformidad con la edición más reciente de la AWS A5.18/A5.18M, *Specification for Carbon Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*, o la AWS A5.20/A5.20M, *Specification for Carbon Steel Electrodes for Flux Cored Arc Welding*, según aplique.

2.2.1.2 *Metal de soldadura con resistencia a la fluencia mayor de 60 Ksi [415 Mpa].* Los electrodos para producir metal de soldadura con resistencias a la fluencia mínimas especificadas mayores de 60 ksi [415 MPa], deben estar en conformidad con la edición más reciente de la AWS A5.28/A5.28M, *Specification for Low-Alloy Steel Electrodes and Rods for Gas Shielded Arc Welding*, o la AWS A5.29/A5.29M, *Specification for Low Alloy Steel Electrodes for Fluxed Cored Arc Welding*, según aplique.

2.2.2 *Gas de protección.* Un gas o mezcla de gases utilizados como protección deben estar en conformidad con los requerimientos de AWS A5.32, *Specification for Welding Shielding Gases*. Cuando el Ingeniero lo solicite, el Contratista o fabricante debe proporcionar la certificación del fabricante de gas o mezcla de gases que esté en conformidad con los requerimientos del punto de rocío de AWS A5.32.

Cuando se mezcla en el sitio de soldadura, deben usarse los medidores adecuados para proporcionar los gases. El porcentaje de gases debe estar en conformidad con los requerimientos del WPS.

2.2.3 *Procedimientos para las soldaduras por arco de metal con gas y por arco con alambre tubular con electrodo único.* Los siguientes son los requisitos para los procedimientos precalificados que están exentos de las pruebas de calificación. Además los electrodos deberán estar secos y en condiciones adecuadas para su uso.

2.2.3.1 *Diámetro máximo del electrodo.* Deberá ser de:

- 5/ 32 pulg. [4 mm] para las posiciones plana y horizontal.
- 3/32 pulg. [2,5 mm] para la posición vertical.
- 5/64 pulg. [2 mm] para la posición encima de la cabeza.

2.2.3.2 *Tamaño máximo de un cordón de soldadura realizado en una sola pasada.* Será de:

- 1/2 pulg. [12 mm] para las posiciones planas y verticales.
- 3/8 pulg. [10 mm] para la posición horizontal.
- 5/16 pulg. [8 mm] para la posición encima de la cabeza.

2.2.3.3 *Soldadura por arco de metal con gas.* El espesor de las capas de soldadura en soldaduras de canal, excepto la raíz y las capas superficiales, no excederá de 1/4 pulg. [6 mm]. Cuando la abertura de raíz es de 1/2 pulg. [12 mm] o más, se utilizará una técnica de separación de capas múltiples de paso.

La técnica de separación de capas también se utiliza en la fabricación de todas las soldaduras de pasos múltiples, cuando la anchura de la capa superior exceda a 5/8 pulg. [16 mm] (PATTON, 1982).

2.2.3.4 *Soldadura por arco con alambre tubular.* El espesor de las capas de soldadura en soldaduras de canal, excepto las capas profundas y superficiales, no deberá exceder de 1/4 pulg. [6 mm]. Cuando la abertura de raíz es de 1/2 pulg. [12 mm] o más, se utilizará una técnica de separación de capas de multipaso.

Cuando el ancho de una capa de una soldadura de canal en la posición plana, horizontal, o sobre la cabeza es de 5/8 pulg. [16 mm] o más, se utilizará una técnica de separación de capas de paso múltiple. Al soldar en la posición vertical, se utiliza una técnica de división de capa cuando la anchura de la capa excede de 1 pulg. [25 mm]. Cuando las juntas tubulares circulares de soldadura en las posiciones 5G o 6G, el progreso de la soldadura hacia arriba, se utiliza una técnica de división de capa cuando la anchura de la capa excede de 1 pulg. [25 mm].

La corriente de soldadura, tensión del arco, el flujo de gas, el modo de transferencia de metal y la velocidad de los viajes serán tales que cada pase tendrá fusión completa con el metal base adyacente y el metal de soldadura y no habrá superposición o excesiva porosidad o subvaloración.

2.3 Requerimientos generales de WPS

2.3.1 *Requerimientos de soldadura vertical ascendente.* La progresión para todos los pases en soldadura en posición vertical debe ser ascendente, con las siguientes excepciones:

- La socavación puede repararse verticalmente de manera descendente cuando el precalentamiento esté en conformidad con la tabla 2, pero no menor de 70°F [20°C].
- Cuando los productos tubulares son soldados, la progresión de la soldadura vertical puede ser ascendente o descendente, pero solo en la dirección(es) en la(s) que el soldador esté calificado.

Tabla 2. Temperatura mínima de precalentamiento y de interpase.

C a t e g o r í a	Especificación de Acero		Proceso de soldadura	Espesor de la Sección más Gruesa en el Punto de Soldadura		Temperatura Mínima de Precalentamiento y de Interpase	
				pulg.	Mm	°F	°C
A	ASTM A 36	Grado B	SMAW con electrodos diferentes a los bajo hidrógeno	1/8 a 3/4 incl.	3 a 20 incl.	32 ^a	0 ^a
	ASTM A 53	Grado B					
	ASTM A 106	Grados A, B, CS, D, DS, E					
	ASTM A 131	Grado B					
	ASTM A 139	Grado Y35					
	ASTM A 381	Grado A					
	ASTM A 500	Grado B					
		Grado C					
	ASTM A 501						
	ASTM A 516						
	ASTM A 524	Grados I & II	SMAW con electrodos diferentes a los bajo hidrógeno	Más de 3/4 por 1-1/2 incl.	Más de 20 por 38 incl.	150	65
	ASTM A 573	Grado 65					
	ASTM A 709	Grado 36					
	ASTM A 1008 SS	Grado 30					
		Grado 33 Tipo 1					
		Grado 40 Tipo 1					
	ASTM A 1011 SS	Grado 30					
		Grado 33					
		Grado 36 Tipo 1					
		Grado 40					
		Grado 45	SMAW con electrodos diferentes a los bajo hidrógeno	Más de 2-1/2	Más de 65	300	150
		Grado 50					
		Grado 55					
	API 5L	Grado B					
		Grado X42					
	ABS	Grados A, B, D, CS, DS Grado E					

Tabla 2 (Continuación)

	ASTM A 36 ASTM A 53 ASTM A 106 ASTM A 131	Grado B Grado B Grados A, B, CS, D, DS, E AH 32 & 36 DH 32 & 36 EH 32 & 36		1/8 a 3/4 incl.	3 a 20 incl.	32 ^a	0 ^a
	ASTM A 139 ASTM A 381 ASTM A 441 ASTM A 500	Grado B Grado Y35 Grado A Grado B Grado C	SMAW con otros electrodos bajos en hidrogeno SAW, GMAW, FCAW	Más de 3/4 por 1-1/2 incl. Más de 1-1/2 por 2-1/2 incl.	Más de 20 por 38 incl. Más de 38 por 65 incl.	50 150	10 65
	ASTM A 501 ASTM A 516	Grados 55 & 60 65 & 70		Más de 2-1/2	Más de 65	225	110
	ASTM A 524 ASTM A 529 ASTM A 537 ASTM A 572 ASTM A 573 ASTM A 588 ASTM A 595 ASTM A 606 ASTM A 618 ASTM A 633	Grados I & II Grados 50 & 55 Clases 1 & 2 Grados 42, 50, 55 Grado 65 Grados A, B, C					
B	ASTM A 709 ASTM A 710 ASTM A 808 ASTM A913 ^b ASTM A 992 ASTM A 1008 HSLAS	Grados 36, 50, 50S, 50W, <u>HPS 50W</u> Grado A, Clase 2 (>2 pulg. [50 mm]) Grado 50					
	ASTM A 1008 HSLAS-F ASTM A 1011 HSLAS	Grado 45 Clase 1 Grado 45 Clase 2 Grado 50 Clase 1 Grado 50 Clase 2 Grado 55 Clase 1 Grado 55 Clase 2 Grado 50	SMAW Con electrodos bajos en hidrogeno SAW, GMAW, FCAW	1/8 a 3/4 incl. Más de ¾ hasta 1-1/2 incl.	3 a 20 incl. Más de 20 hasta 38 incl.	32 ^a 50	0 ^a 10
	ASTM A 1011 HSLAS-F ASTM A 1018 HSLAS	Grado 55 Clase 2 Grado 50 Grado 45 Clase 1 Grado 45 Clase 2 Grado 50 Clase 1 Grado 50 Clase 2 Grado 55 Clase 1 Grado 55 Clase 2		Más de 1-1/2 hasta 2-1/2 incl.	Más de 38 hasta 65 incl.	150	65
	ASTM A 1018 HSLAS-F ASTM A 1018 SS	Grado 45 Clase 1 Grado 45 Clase 2 Grado 50 Clase 1 Grado 50 Clase 2 Grado 55 Clase 1 Grado 55 Clase 2 Grado 50 Grado 30 Grado 33 Grado 36 Grado 40		Más de	Más de 65	225	110
	API 5L API Spec. 2H API 2MT1 API 2W API 2Y ABS	Grado B Grado X42 Grados 42, 50 <u>Grado 50</u> Grados 42, 50, 50T Grados 42, 50, 50T Grados AH 32 & 36 DH 32 & 36 EH 32 & 36					
	ABS	Grados A, B, D, CS, DS					

Tabla 2 (Continuación)

C	ASTM A 572 ASTM A 633 ASTM A 913 ^b ASTM A 710	Grados 60, 65 Grado E Grados 60, 65 Grado A, Clase 2 (<2 pulg. [50 mm])	SMAW con electrodos bajos en hidrógeno SAW, GMAW, FCAW	1/8 a 3/4 incl.	3 a 20 incl.	50	10
	ASTM A 710	Grado A, Clase 3 (>2 pulg. [50 mm])		Sobre 3/4 hasta 1-1/2 incl.	Sobre 20 hasta 38 incl.	150	65
	ASTM A 709 ^c ASTM A 852 ^c ASTM A 1018 HSLAS HSLAS-F API 2W	Grado HPS70W Grado 60 Clase 2 Grado 70 Clase 2 Grado 70 Clase 2 Grado 60		Sobre 1-1/2 hasta 2-1/2 incl. Sobre 2-1/2	Sobre 38 hasta 65 incl. Sobre 65	225 300	110 150
D	ASTM A 710 ASTM A 913 ^b	Grado A (Todas las clases) Grados 50, 60, 65	SMAW, SAW, GMAW, y FCAW con electrodos o combinaciones de fundente y electrodo capaces de depositar material de soldadura con un contenido máximo de hidrógeno difusible de 8ml/100 g (H8)	Todos los espesores > 1/8 pulg. [3 mm]		32 ^a	0 ^a

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Cuando la temperatura del metal sea menor de 32°F [0°C], el metal de base tiene que estar precalentado a un mínimo de 70°F [20°C], y la temperatura mínima de interfase debe ser constante durante el transcurso de la soldadura.

^b Las limitaciones de aporte de calor según el numeral 5.7 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 no aplican al ASTM A 913.

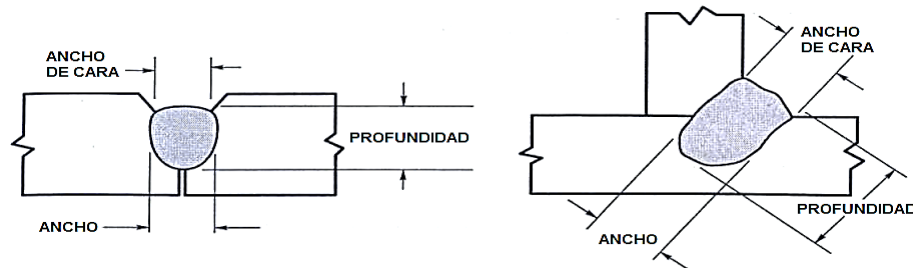
^c Para el ASTM A 709 Grado HPS70W y ASTM A 852, la temperatura máxima de precalentamiento y de interfase no deben sobrepasar los 400°F [200° C] para un espesor hasta 1-1/2 in [40 mm], inclusivo, 450 °F [230 C] para espesores mayores.

Notas:

- Para modificaciones de requerimientos de precalentamiento para SAW con electrodos paralelos o múltiples, regirse al numeral 3.5.2 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.
- Para requerimientos ambientales y temperaturas de metal de base dirigirse al numeral 5.12.2 y 5.6 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

2.3.2 Limitación anchura/profundidad del pase. Ni la profundidad ni la anchura máxima en la sección transversal del metal de soldadura depositado en cada pase de soldadura deben exceder la anchura de la superficie del pase de soldadura (ver figura 1).

Figura 1. Cordón de la soldadura donde el ancho y la profundidad exceden el ancho de la cara de la soldadura.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

2.3.3 Requerimientos de acero cor-ten. Para aplicaciones expuestas, descubiertas y sin pintar de acero Cor-Ten que requiere metal de soldadura con resistencia a la corrosión atmosférica y características de color similares a las del metal base, la combinación de electrodo o fundente de electrodo debe estar en conformidad con la tabla 3.

Tabla 3. Requerimientos de metal de aporte para aplicaciones expuestas de aceros resistentes a la corrosión atmosférica.

Proceso	Especificación AWS de Metal de Aporte	Electrodos Aprobados ^a
SMAW	A5.5	Todos los electrodos que depositan metal de soldadura que cumplan un análisis B2L, C1, C1L, C2.
SAW	A5.23	Todas las combinaciones de electrodo- fundente que depositan un metal de soldadura con un análisis Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o WX por análisis de A.5.23
FCAW	A5.29	Todos los electrodos que depositan un metal de soldadura con un análisis B2L, K2, Ni1, Ni2, Ni3, Ni4 o WX por análisis de A5.29.
GMAW	A5.28	Todos los electrodos cuyos metales de aporte alcanzan los análisis de requerimientos de composición de B2L, G ^a , Ni1, Ni2, Ni3 por análisis de A5.28.

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a El metal de soldadura depositado debe tener una composición química igual que a cualquier metal en esta tabla.

Notas:

- Los metales de aporte deberán cumplir con los requerimientos de la tabla 4 y también los requerimientos de composiciones de esta tabla. El uso del mismo tipo de metal de aporte que tenga el próximo nivel más alto de fuerza de tracción, como está descrito en la especificación de metales de aporte de AWS.
- Electrodo compuesto están designados de esta forma:
- SAW: Insertar la letra “C” entre las letras “E” y “X”, e.g. E7AX- ECXXX-Ni1.
- GMAW: Reemplazar la letra “S” con la letra “C”,

Las excepciones a estos requerimientos son las siguientes:

2.3.3.1 Soldaduras de canal de un solo pase. Las soldaduras de canal hechas con un solo pase o con un solo pase en cada lado pueden hacerse utilizando cualquiera de los metales de aporte para los metales base del grupo II en la tabla 4.

Notas:

- En las juntas que requieren metales de base de diferentes grupos, se pueden usar cualquiera de los siguientes metales de aporte: (1) en que se asemeje a la mayor resistencia del metal base, o (2) el que se asemeje con el de menor resistencia pero produzca un depósito bajo de hidrógeno. El precalentamiento debe estar en conformidad con los requerimientos aplicables con el grupo de acero de mayor resistencia.
- Asemejar el estándar API 2B (tubos fabricados) acorde con el acero usado.
- Cuando las soldaduras vayan a experimentar alivio de tensiones, el metal de soldadura depositado no debe exceder 0,05% de vanadio.
- Las propiedades de los metales de aporte han sido movidas al anexo no mandatorio V.
- Los electrodos AWS A5M (Unidades SI) de la misma clasificación puede ser usado en lugar de la clasificación de electrodos AWS A5 (Unidades Americanas).
- Cualquier clasificación de electrodo de un grupo particular (localizado a la derecha) puede ser usado para soldar cualquier metal de base en ese grupo (localizado a la izquierda).

Tabla 4. Metal de base precalificado – combinaciones de metales de aporte.

G r u p o	Requerimientos de la Especificación de Acero					Requerimientos de Metal de Aporte					
	Especificación de Acero		Mínima Resistencia a La Fluencia		Rango de Tracción		Proceso	Especificación de Electrodo AWS	Clasificación de Electrodo		
			Ksi	MPa	ksi	MPa					
I	A STM A 36	(≤3/4 pulg. [20 mm])	36	250	58-80	400-550	SMAW	A5.1	E60XX, E70XX		
	ASTM A 53	Grado B	35	240	60 min.	415 min.		A5.5°	E70XX-X		
	A STM A 106	Grado B	35	240	60 min.	415 min.		SAW	A5.17	F6XX-EXXX, F6XX-ECXXX, F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX	
	ASTM A 131	Grados A, B, CS, D, DS, E	34	235	58-75	400-520	A5.23°		F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX		
	ASTM A 139	Grado B	35	240	60 min.	414 min.	GMAW		A5.18	ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (Los electrodos con sufijo -GS deben ser excluidos)	
	ASTM A 381	Grado Y35	35	240	60 min.	415 min.			A5.28°	ER70S-XXX, E70C-XXX	
	ASTM A 500	Grado A	33	230	45 min.	310 min.			FCAW	A5.20	E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM (Los electrodos con el sufijo -2C, -2M, -3, -10, -13, -14, y -GS debe ser excluidos y los electrodos con el sufijo -11 debe ser excluidos para espesores mayores a 1/2 pulg. [12 mm])
		Grado B	42	290	58 min.	400 min.				A5.29°	E6XTX-X, E6XTX-XC, E6XT-XM, E7XTX-X, E7XTX-XC, E7XTX-XM
		Grado C	46	315	62 min.	425 min.					
	ASTM A 501		36	250	58 min.	400 min.					
	ASTM A 516	Grado 55	30	205	55-75	380-515					
		Grado 60	32	220	60-80	415-550					
	ASTM A 524	Grado I	35	240	60-85	415-586					
		Grado II	30	205	55-80	380-550					
	ASTM A 573	Grado 65	35	240	65-77	450-530					
		Grado 58	32	220	58-71	400-490					
	ASTM A 709	Grado 36 (≤ 3/4 pulg. [20 mm])	36	250	58-80	400-550					
	ASTM A 1008 SS	Grado 30	30	205	45 min.	310 min.					
		Grado 33 Tipo 1	33	230	48 min.	330 min.					
		Grado 40 Tipo 1	40	275	52 min.	360 min.					
	ASTM A 1011 SS	Grado 30	30	205	49 min.	340 min.					
		Grado 33	33	230	52 min.	360 min.					
		Grado 36 Tipo 1	36	250	53 min.	365 min.					
		Grado 40	40	275	55 min.	380 min.					
		Grado 45	45	310	60 min.	410 min.					
	API 5L	Grado B	35	241	60	414					
		Grado X42	42	290	60	414					
	ABS	Grados A, B, D, CS, DS	34	235	58-75	400-520					
		Grado E ^b	34	235	58-75	400-520					
II	ASTM A 36	(>3/4 pulg. [20 mm])	36	250	58-80	400-550	SMAW	A5.1	E7015, E7016, E7018, E7028		
	ASTM A 131	Grados AH32, DH32, EH32	46	315	64-85	440-590		A5.5°	E7015-X, E7016-X, E7018-X		
		Grados AH36, DH36, EH36	51	355	71-90	490-620					
	ASTM A 441		40-50	275-345	60-70	415-485					
	ASTM A 516	Grado 65	35	240	65-85	450-585					
		Grado 70	38	260	70-90	485-620					
	ASTM A 529	Grado 50	50	345	70-100	485-690					

Tabla 4 (Continuación)

ASTM A 537	Clase 1	45-50	310-345	65-90	450-620				
ASTM A 572	Grado 42	42	290	60 min.	415 min.		SAW	A5.17	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX
	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.				
	Grado 55	55	380	70 min.	485 min.			A5.23 ^c	F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX
ASTM A 588 ^b	(4 pulg. [100 mm] y menos)	50	345	70 min.	485 min.				
ASTM A 595	Grado A	55	380	65 min.	450 min.				
	Grados B y C	60	<u>410</u>	70 min.	480 min.				
ASTM A 606 ^b		45-50	310-340	65 min.	450 min.		GMAW	A5.18	ER70S-X, E70C-XC E70C-XM (los electrodos con sufijo -GS deben ser excluidos)
ASTM A 618	Grados Ib, II, III	46-50	315-345	65 min.	450 min.				
ASTM A 633	Grado A	42	290	63-83	430-570				
	Grados C, D	50	345	70-90	485-620				
	(2-1/2 pulg. [65 mm] y menos)								
ASTM A 709	Grado 36 (>3/4 pulg. [20 mm])	36	250	58-80	400-550			A5.28 ^c	ER70S-XXX, E70C-XXX
	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.				
	Grado 50W	50	345	70 min.	485 min.				
	Grado 50S	50-65	345-450	65 min.	450 min.		FCAW	A5.20	
	<u>Grado HPS 50W^b</u>	<u>50</u>	<u>345</u>	<u>70 min.</u>	<u>485 min.</u>				
ASTM A 710	Grado A, Clase 2 >2 pulg. [50 mm]	<u>50-55</u>	<u>345-380</u>	<u>60-65</u>	<u>415-450</u>				E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM (Los electrodos con el sufijo -2C, -2M, -3, -10, -13, -14, y -GS debe ser excluidos y los electrodos con el sufijo -11 debe ser excluidos para espesores mayores a 1/2 pulg.
ASTM A 808	(2-1/2 pulg. [65 mm] y menos)	42	290	60 min.	415 min.				
ASTM A 913	Grado 50	50	345	65 min.	450 min.				
ASTM A 992		50-65	345-450	65 min.	450 min.				
ASTM A 1008 HSLAS	Grado 45 Clase 1	45	310	60 min.	410 min.				
	Grado 45 Clase 2	45	310	55 min.	380 min.				
	Grado 50 Clase 1	50	340	65 min.	450 min.			A5.29 ^c	E7XTX-X, E7XTX-XC, E7XTX-XM
	Grado 50 Clase 2	50	340	60 min.	410 min.				
	Grado 55 Clase 1	55	380	70 min.	480 min.				
	Grado 55 Clase 2	55	380	65 min.	450 min.				
ASTM A 1008 HSLAS-F	Grado 50	50	340	60 min.	410 min.				
ASTM A 1011 HSLAS	Grado 45 Clase 1	45	310	60 min.	410 min.				
	Grado 45 Clase 2	45	310	55 min.	380 min.				
	Grado 50 Clase 1	50	340	65 min.	450 min.				
	Grado 50 Clase 2	50	340	60 min.	410 min.		SMAW	A5.1	E7015, E7016, E7018, E7028
	Grado 55 Clase 1	55	380	70 min.	480 min.				
	Grado 55 Clase 2	55	380	65 min.	450 min.			A5.5 ^c	E7015-X, E7016-X, E7018-X
ASTM A 1011 HSLAS-F	Grado 50	50	340	60 min.	410 min.				
ASTM A 1011 SS	Grado 50	50	340	65 min.	450 min.				
	Grado 55	55	380	70 min.	480 min.		SAW	A5.17	F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX
ASTM A 1018 HSLAS	Grado 45 Clase 1	45	310	60 min.	410 min.			A5.23 ^c	F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX
	Grado 45 Clase 2	45	310	55 min.	380 min.				
	Grado 50 Clase 2	50	340	60 min.	410 min.				

Tabla 4 (Continuación)

II	ASTM A 1018 HSLAS-F ASTM A 1018 SS	Grado 55 Clase 2	55	380	65 min.	450 min.	FCAW	A5.28°	ER70S-XXX, E70C-XXX
		Grado 50	50	340	60 min.	410 min.			
		Grado 30	30	205	49 min.	340 min.			
	API 2H	Grado 33	33	230	52 min.	360 min.			
		Grado 36	36	250	53 min.	365 min.			
		Grado 40	40	275	55 min.	380 min.			
	API 2MT1	Grado 42	42	<u>289</u>	<u>62-82</u>	<u>427-565</u>			
		Grado 50	50	345	<u>70-90</u>	<u>483-620</u>			
	API 2W	<u>Grado 50</u>	50	345	65-90	<u>488-620</u>			
		Grado 42	42-67	290-462	62 min.	427 min.			
		Grado 50	50-75	345-517	65 min.	448 min.			
	API 2Y	Grado 50T	50-80	345-552	70 min.	483 min.			
		Grado 42	42-67	290-462	62 min.	427 min.			
		Grado 50	50-75	345-517	65 min.	448 min.			
	API 5L ABS	Grado 50T	50-80	345-552	70 min.	483 min.			
Grado X52		52	<u>359</u>	<u>66 min.</u>	<u>455 min.</u>				
Grados AH32, DH32, EH32		<u>46</u>	315	<u>64-85</u>	<u>440-590</u>				
		Grados AH36, DH36, EH36 ^b	51	<u>355</u>	71-90	490-620			
III	API 2W	Grado 60	60-90	414-621	75 min.	517 min.	SMAW	A5.5°	E8015-X, E8016-X, E8018-X
	API 2Y	Grado 60	60-90	414-621	75 min.	517 min.			
	ASTM A 537	Clase 2 ^b	46-60	315-415	<u>70-100</u>	<u>485-690</u>	SAW	A5.23°	F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX
	ASTM A 572	Grado 60	60	415	75 min.	<u>520 min.</u>			
	ASTM A 633	Grado 65	65	450	80 min.	550 min.			
		Grado E ^b	55-60	380-415	75-100	515-690			
	ASTM A 710	Grado A, Clase 2 < 2 pulg. [50 mm]	60-65	415-450	72 min.	495 min.	GMAW	A5.28°	ER80S-XXX, E80C-XXX
	ASTM A 710	Grado A, Clase 3 > 2 pulg. [50 mm]	60-65	415-450	<u>70-75</u>	<u>485-515</u>			
	ASTM A 913 ^a	Grado 60	60	415	75 min.	520 min.			
	ASTM A 1018 HSLAS	Grado 65	65	450	80 min.	550 min.	FCAW	A5.29°	E8XTX-X, E8XTX-XC, E8XTX-XM
		Grado 60 Clase 2	60	<u>410</u>	70 min.	480 min.			
		Grado 70 Clase 2	70	480	80 min.	550 min.			
Grado 60 Clase 2		60	<u>410</u>	70 min.	480 min.				
ASTM A 1018 HSLAS-F	Grado 70 Clase 2	70	480	80 min.	550 min.				
IV							SMAW	A5.5°	E9015-X, E9016-X, E9018-X, E9018M
	ASTM A 709 ASTM A 852	Grado HPS70W	70	485	<u>85-110</u>	<u>585-760</u>	SAW	A5.23°	F9XX-EXXX-XX, F9XX-ECXXX-XX
							GMAW FCAW	A5.28° A5.29°	ER90S-XXX, E90C-XXX E9XTX-X, E9XTX-XC, E9XTX-XM

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Las limitaciones de entrada de calor contempladas en el numeral 5.7 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 no deben aplicar para ASTM A 913 Grado 60 o 65.

^b Los materiales especiales para soldar y WPS (Ejemplo: E80XX-X electrodos de baja aleación) puede requerir que la tenacidad se asimile al del metal base (para aplicaciones que implican cargas de impacto o baja temperatura) o para características de corrosiones atmosféricas ver el numeral 2.3.3 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

^c Los metales de aporte de cualquier grupo de aleaciones B2, B3L, B4, B4L, B5, B5L, B6, B6L, B7, B7L, B8, B8L, B9, E9015-C5L, E9015-D1, E9018-D3, o cualquier grado BXH en AWS A5.5, A5.23, A5.28 o A5.29, no están precalificados para el uso en la condición “como-soldado”.

2.3.3.2 Soldaduras de filete de un solo pase. Las soldaduras de filete de un solo pase, hasta los siguientes tamaños, pueden hacerse utilizando cualquiera de los metales de aporte para los metales base del grupo II enlistados en la tabla 4:

SMAW	¼ pulg. [6 mm]
SAW	5/16 pulg. [8 mm]
GMAW/FCAW	5/16 pulg. [8 mm]

2.3.4 Gas de protección. Los gases de protección para GMAW y FCAW-G deben registrarse por AWS A5.32/ A5.32M, y uno de los siguientes:

- El gas de protección usado para la clasificación del electrodo por la especificación AWS A5 aplicable.
- Un gas de protección recomendado para usarse con el electrodo específico por el fabricante del electrodo. Tales recomendaciones deben ser respaldadas por ensayos que demuestren que la combinación electrodo/gas de protección es capaz de satisfacer todos los requerimientos de propiedades mecánicas y químicas para la clasificación del electrodo cuando se evalúe en conformidad con la especificación AWS A5 que aplique. La documentación de tales ensayos debe ser proporcionada cuando sea requerida por el Ingeniero o Inspector (American Welding Society, 2010).

CAPÍTULO III

3. CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

3.1 Requerimientos generales

3.1.1 General. Los requerimientos para los ensayos de clasificación WPSs y personal de soldadura (definidos como soldadores, operadores y apuntaladores) se describen en este capítulo.

3.1.1.1 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS). El WPS es un documento que relaciona las variables a considerar en la realización de una soldadura específica, determina la ejecución de las pruebas de calificación tanto de proceso y procedimiento como del operario de soldadura. EL EPS involucra todas las VARIABLES ESCENCIALES (Variables éstas que no deben cambiar más allá de los límites establecidos en el código respectivo) y, VARIABLES COMPLEMENTARIAS Y/O SUPLEMENTARIAS (Ajustadas a los requisitos de la empresa, y aquellas que no afectan la ejecución del proceso). (Alberto Zapata Meneses, Mayo 2004. UTP. ISSN 0122-1701).

- *Responsabilidad de calificación.* Cada fabricante o contratista debe conducir los ensayos requeridos por el Código para calificar el WPS. Los WPSs propiamente documentados calificados bajo las provisiones del Código por una compañía que después tenga cambio de nombre debido a acción voluntaria o consolidación con una compañía matriz puede utilizar el nuevo nombre en sus documentos WPS mientras que mantenga los registros de calificación de apoyo PQR con el nombre antiguo de la compañía.
- *Calificación de WPS con otros estándares.* La aceptabilidad de la calificación con otros estándares es responsabilidad del Ingeniero, que debe ejercerse en base a la estructura específica, las condiciones del servicio o ambos. Las series AWS B2.1.X-XXX en *Standard Welding Procedure Specifications* pueden, de esta manera ser aceptadas para su uso en el Código en vigencia.

- *Requerimientos de ensayo CVN.* Cuando son requeridos por los documentos del contrato, los ensayos CVN deben incluirse en la clasificación del WPS. Los ensayos CVN, los requerimientos y los procedimientos deben estar en conformidad a las disposiciones del numeral 3.4 del presente capítulo o como se especifican en los documentos de contrato.

3.1.1.2 Calificación de desempeño del personal de soldadura. Las pruebas de calificación del soldador se aplican principalmente a la soldadura manual y los métodos de soldadura por procesos GMAW, GTAW, FCAW, SAW. En los que la capacidad del operario ejercerá influencia sobre el resultado final. (ZAPATA, 2004)

- *Calificación previa de desempeño.* Los ensayos de calificaciones previas de desempeño de los soldadores, operadores de soldadura y apuntaladores que están propiamente documentados son aceptables con la aprobación del Ingeniero. La aceptabilidad de la calificación del desempeño con otros estándares es responsabilidad del Ingeniero y se ejercerá en base a la estructura específica, las condiciones del servicio o ambos.
- *Responsabilidad de la calificación.* Cada fabricante o contratista debe ser responsable de la calificación de los soldadores, operadores de soldadura, y apuntaladores ya sea que la calificación sea conducida por el fabricante, el contratista o una agencia de ensayos independiente.

3.1.1.3 Periodo de efectividad

- *Soldadores y operadores de soldadura.* La calificación de un soldador o de un operador de soldadura como se especifica en el código, debe considerarse como que permanece en efecto indefinidamente, a menos que; (1) el soldador no esté dedicado por un período de más de seis meses a un proceso de soldadura dado para el cual el soldador u operador de soldadura este calificado, o a menos que; (2) exista alguna razón específica para cuestionar la habilidad de un soldador u operador de soldadura (Ver 3.3.15.1, requerimientos para la repetición del ensayo del soldador y el operador de soldadura).

- *Apuntaladores.* Un apuntalador que pase el ensayo descrito en el numeral 3.3 o los ensayos requeridos para la calificación del soldador, deben ser considerados como elegibles para realizar apuntalado indefinidamente en las posiciones y con el proceso para el cual el apuntalador está calificado, a menos que exista alguna razón específica para cuestionar la habilidad del apuntalador (ver 3.33.2, requerimientos de la repetición de ensayo del apuntalador).

3.1.2 *Requerimientos comunes para WPS y calificación de desempeño del personal de soldadura.*

3.1.2.1 *Calificación a ediciones previas.* Las calificaciones que fueron realizadas y que cumplieron con los requerimientos de ediciones previas de AWS D1.1 o AWS D1.0 o AWS D2.0, mientras esas ediciones estaban en vigencia, son válidas y puedan utilizarse.

El uso de ediciones previas debe prohibirse para nuevas calificaciones en lugar de las ediciones vigentes, a menos que la específica edición previa sea especificada en los documentos del contrato.

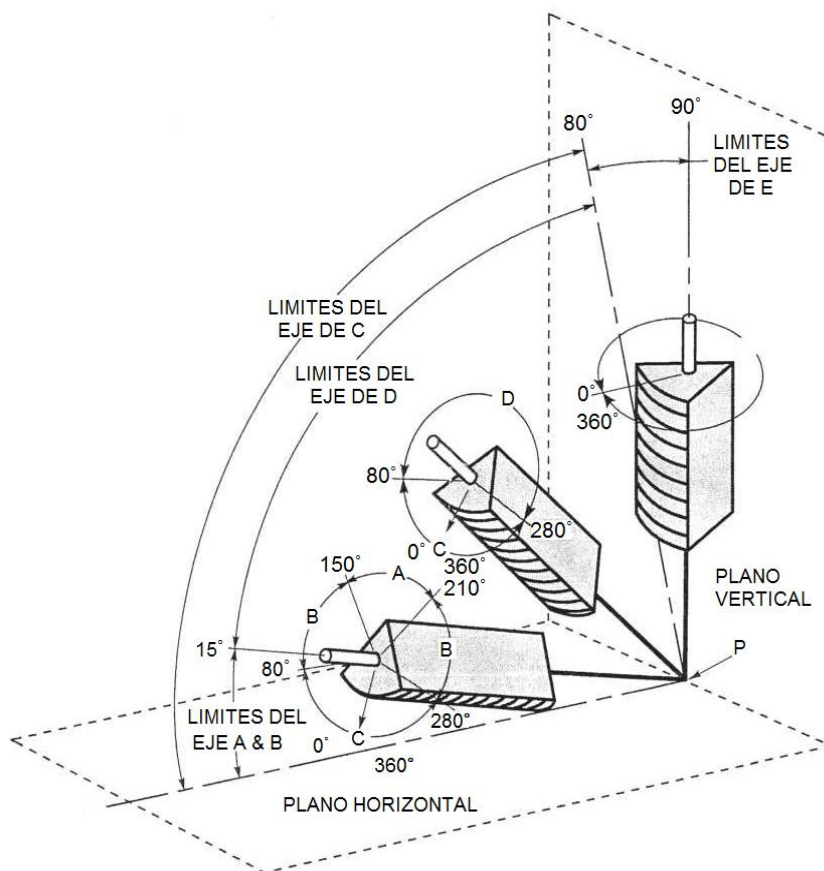
3.1.2.2 *Envejecimiento.* Cuando sea permitido por la especificación del material de aporte aplicable al metal de soldadura que está siendo ensayado, los especímenes de ensayos de calificación totalmente soldados pueden ser envejecidos de 200°F a 220°F [95°C a 105°C] por 48 ± 2 horas.

3.1.2.3 *Registros.* Los registros de los resultados de ensayos deben guardarlos el fabricante o contratistas y ponerlos a disponibilidad en las personas autorizadas para revisarlos.

3.1.2.4 *Posiciones de las soldaduras.* Todas las soldaduras deben clasificarse como planas (F), horizontales (H), verticales (V) y sobre cabeza (OH), en conformidad con las definiciones mostradas en las figuras 2 y 3.

Figura 2. Posiciones de soldadura de canal.

Tabulación de las posiciones de soldaduras de canal			
Posición	Diagrama	Inclinación del Eje	Rotación de la Cara
Plana	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal	B	0° a 15°	80° a 150° 210° a 280°
Sobrecabeza	C	0° a 80°	0° a 80° 280° a 360°
Vertical	D	15° a 80°	80° a 280°
	E	80° a 90°	0° a 360°



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

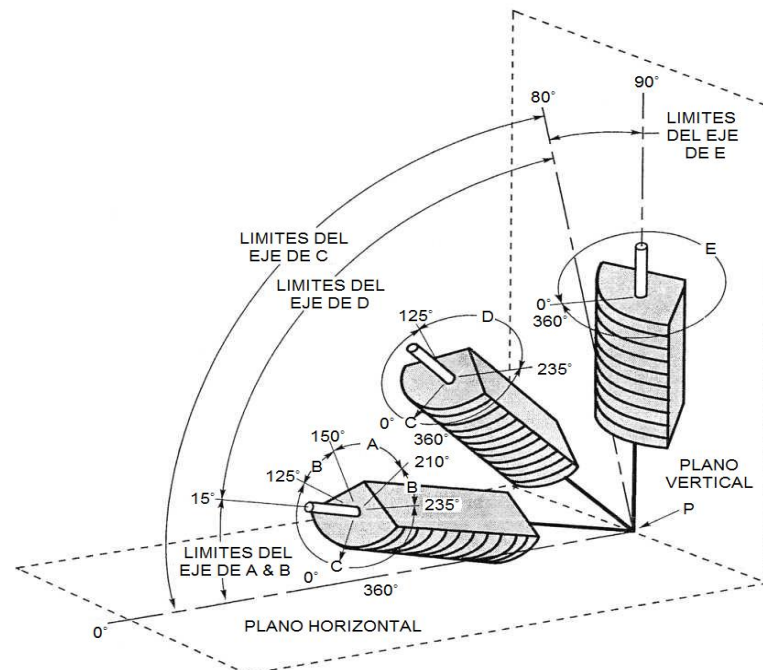
Notas:

- El plano horizontal de referencia siempre debe estar debajo de la soldadura en consideración.
- La inclinación del eje se deberá medir desde el plano horizontal de referencia hasta el plano vertical de referencia.

- El ángulo de rotación de la cara se deberá determinar por medio de una línea perpendicular a la cara teórica de la soldadura que pasa por el eje de la soldadura. La posición de referencia de 0 grados de rotación de la cara apunta en la dirección opuesta a donde el ángulo del eje incrementa. Cuando se ve el punto P, el ángulo de rotación de la cara de la soldadura deberá ser medido en una dirección según las agujas del reloj del punto de referencia 0°.

Figura 3. Posiciones de soldaduras de filete.

Tabulación de las posiciones de soldaduras de filete			
Posición	Diagrama	Inclinación del Eje	Rotación de la Cara
Plana	A	0° a 15°	150° a 210°
Horizontal	B	0° a 15°	125° a 150° 210° a 235°
Sobrecabeza	C	0° a 80°	0° a 125° 235° a 360°
Vertical	D	15° a 80°	125° a 235°
	E	80° a 90°	0° a 360°

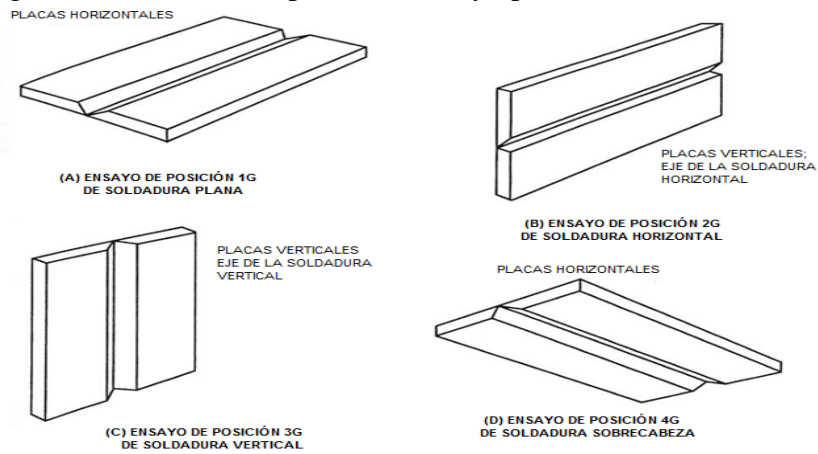


Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Las posiciones del ensamble de ensayo se muestran en:

- Soldaduras de canal en placa.

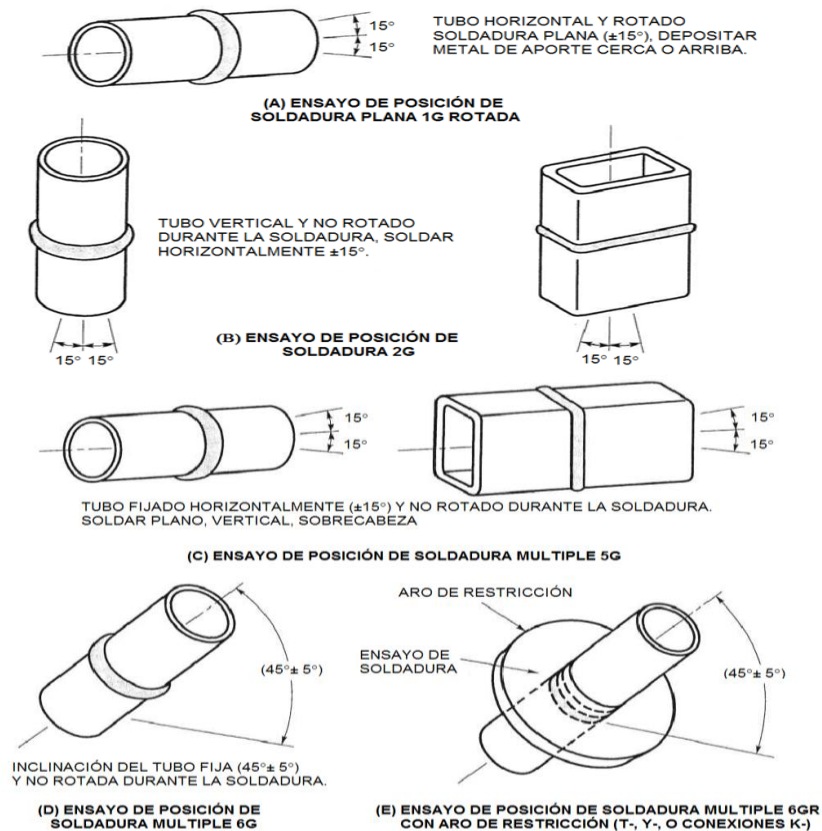
Figura 4. Posiciones de placas de ensayo para soldaduras de canal.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- Soldaduras de canal en tubo o tubería

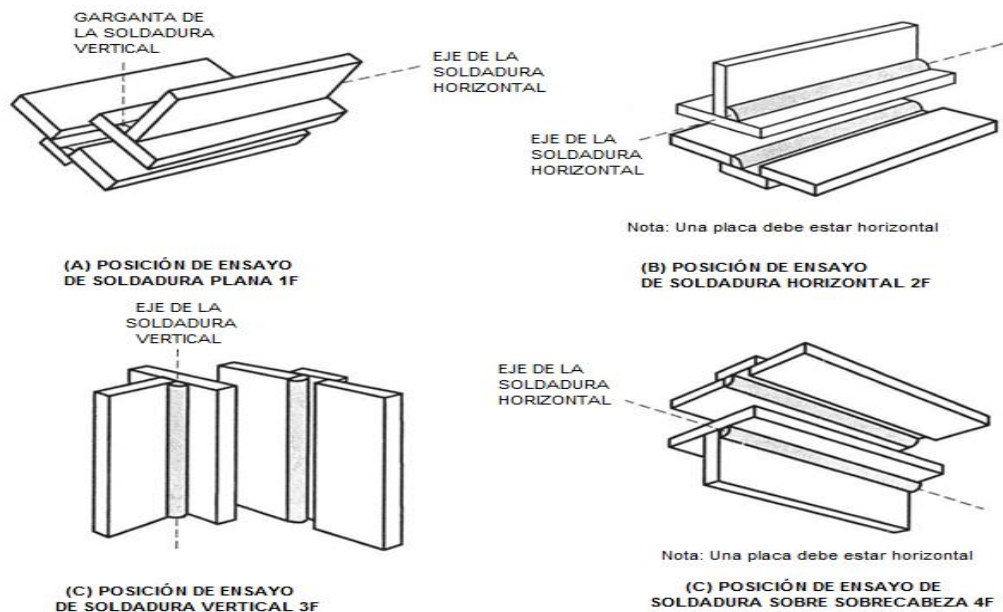
Figura 5. Posiciones de tubos o tuberías de ensayo para soldaduras de canal.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- Soldaduras de Filete en Placa

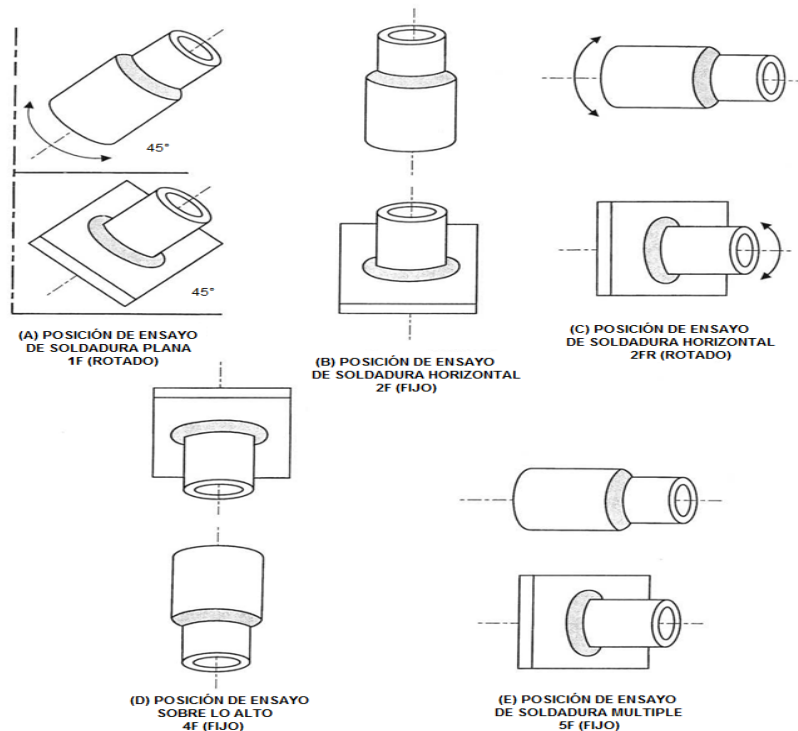
Figura 6. Posiciones de placa de ensayo para soldaduras de filete.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- Soldaduras de filete en tubo o tubería

Figura 7. Posiciones de Tubos o Tuberías de Ensayo para Soldaduras de Filete.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

3.2 Especificación del procedimiento de soldadura (WPS)

3.2.1 Posiciones de soldadura de producción calificadas. Las posiciones de soldadura de producción calificadas por un WPS deben estar en conformidad con los requerimientos de la tabla 5.

- ^a Califica para un eje de soldadura con una línea esencialmente recta, incluyendo soldadura a lo largo de una línea paralela al eje de un tubo (caño) circular.
- ^b Califica para soldaduras circunferenciales en tubos de un diámetro exterior nominal mayor o igual a 24 pulg. [600 mm],
- ^c Los detalles de juntas a tope de producción, sin respaldo o saneado de raíz, requieren ensayos de calificación con un detalle de la junta según se muestra en la figura 4.24.
- ^d Limitado a detalles de juntas precalificadas.
- ^e Para CJP de producción en uniones T, Y y K, que están de acuerdo con las figuras 3.8, 3.9 o 3.10 y la tabla 3.6, usar el detalle de la figura 4.27 para los ensayos. Para otras ver 4.13.4.1.
- ^f Para CJP de producción en uniones T, y, y K, que están de acuerdo con las figuras 3.6 y la tabla 3.6, usar el detalle de las figuras 4.27 y 4.29, o alternativamente ensayar la junta de la figura 4.27 y cortar las probetas para macro-ataque de las esquinas mostradas en la figura 4.29. Para la producción de otras juntas ver 4.13.4.1.
- ^g Para PJP de producción en uniones T, Y, y K, que están con las figura 3.5, usar el detalle de la figura 4.25(A) o figura 4.25(B).
- ^h Para uniones de tubos o caños de sección rectangular alineados con radios de esquina menores que dos veces el espesor del elemento estructural principal.
- ¹ Las soldaduras de filete en uniones de producción T, Y, K, deben estar conformes a la figura 3.2. La calificación de la EPS debe estar de acuerdo con 4.12

Tabla 5. Calificación WPS-posiciones de producción de soldaduras calificadas por ensayos de placa, tubo o sección rectangular.

Ensayo de Calificación			Soldadura de Placa Calificada para Producción			Soldadura de Tubo Calificada para Producción					Soldadura de Sección Rectangular Calificada para Producción				
	Tipo de Soldadura	Posiciones	de Canal	de Canal	Filete	Junta a Tope		T-, Y-, K- Conexiones		Filete ¹	Junta a Tope		T-, Y-, K- Conexiones		Filete ¹
			CJP	PJP		CJP	PJP	CJP	PJP		CJP	PJP	CJP	PJP	
P L A C A	CJP de Canal ³	1G	F	F	F	pb	F ^b			F	F	F			F
		2G	F, H	F, H	F, H	(F, H) ^b	(F, H) ^b			F, 11	F, H	F, H			F, H
		3G	V	V	V	V ^b	V ^b			V	V	V			V
		4G	OH	OH	OH	OH ^b	OH ^b			OH	OH	OH			OH
	Filete ³	1F			F					F					F
		2F			F, H					F, H					F, H
		3F			V					V					V
		4F			OH					OH					OH
	Tapón/ Ojal	Califican para Soldadura de Tapón/Ojal Sólo en las Posiciones Ensayadas													
T U B O R	CJP de Canal	1G Rotado	F	F	F	F ^c	F		F	F	F ^o	F		F	F
		2G	F, H	F, H	F, H	(F, H) ^o	F, 11		F, 1-1	F, H	(F, H) ^c	F, FI		F, 11	F, H
		5G	F, V, OH	F, V, OH	F, V, OH	(F, V, OH) ^o	F, V, 011		F, V, 011	F, V, OH	(F, V, OH) ^c	F, V, OH		F, V, OH	F, V, OH
		(2G + 5G)	Todas	Todas	Todas	Todas ^c	Todas	Todas ⁰	Todas ⁸	Todas	Todas ^c	Todas	Todas [*]	Todas ^{»h}	Todas
		6G	Todas	Todas	Todas	Todas ⁰	Todas		Todas ⁸	Todas	Todas ⁰	Todas		Todas ⁻¹ⁱ	Todas
		6GR	Todas ^{1*}	Todas	Todas	Todas ¹	Todas	Todas ⁰	Todas	Todas	Todas ^{1*}	Todas	Todas ¹	Todas	Todas
	Filete	1F Rotado			F					F					F
		2F			F, H					F, H					F, H
		2F Rotado			F, 11					F, 11					F, 11
		4F			F, 11, 011					F, H, OH					F, H, OH
		5F			Todas					Todas					Todas

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:201

3.2.2 Tipo de ensayo de calificación. El tipo y cantidad de ensayos de calificación necesarios para calificar un WPS para un espesor dado, diámetro o ambos, deben estar en conformidad con la tabla 6 (CJP), tabla 7 (PJP) o tabla 8 (de filete). Los detalles de los requerimientos de NDT y el ensayo mecánico se encuentran en las siguientes subsecciones:

Tabla 6. Calificación WPS-soldaduras de canal CJP: número y tipo de muestras de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado.

1. Ensayo en Placa ^{a,b}										
	Espesor (T) Nominal de la Chapa para Ensayo, pulg.	Cantidad de Probetas				Espesor ^{c,d} Nominal Calificado en Chapa, Tubos o Caños, pulg.				
		Tracción con Probeta da Sección Reducida (ver Fig. 4.14)	Doblado de Raíz (ver Fig. 4.12)	Doblado de Cara (ver Fig. 4.12)	Doblado Lateral (ver Fig. 4.13)	Min.	Max.			
		1/8 < T < 3/8	2	2	2	(Nota i)	01-ago			2T
		3/8 < T < 1	2	—	—	4	01-ago			2T
		1 y mayor	2	—	—	4	01-ago			Ilimitado
2. Ensayos en Tubo ^{a,g}										
	Diámetro o Tamaño Nominal del Tubo o Caño, para Ensayo, pulg.	Espesor Nominal de la Pared, T, pulg.	Cantidad de Muestras de Ensayo				Diámetro' Nominal Calificado del Caño o Tubo, pulg.	Espesor ^{0,d} Nominal Calificado en Chapas, Tubos o Caños, pulg.		
			Tracción con Sección Reducida (ver Fig. 4.14)	Doblado de Raíz (ver Fig. 4.12)	Doblado de Cara (ver Fig. 4.12)	Doblado Lateral (ver Fig. 4.13)*		Min.	Max.	
Ensayos de Tubos o Caños del Tipo Fabricados Según Medidas o No Estándares	<24	1/8 < T < 3/8	2	2	2	(Nota i)	Diám. de ensayo y mayor	01-ago	2T	
		3/8 < T < 3/4	2	—	—	4	Diám. de ensayo y mayor	T/2	2T	
		T > 3/4	2	—	—	4	Diám. de ensayo y mayor	03-ago	Ilimitado	
	>24	1/8 < T < 3/8	2	2	2	(Nota i)	Diám. de ensayo y mayor	01-ago	2T	
		3/8 < T < 3/4	2	—	—	4	24 y mayor	T/2	2T	
		T > 3/4	2	—	—	4	24 y mayor	03-ago	Ilimitado	
Ensayos de Tubos o Caños Estándares	2 pulg. Sch. 80 o 3 pulg. Sch. 40		o	2	2	—	3/4 a 4	01-ago	03-abr	
	6 pulg. Sch. 120 o 8 pulg. Sch. 80		2	—	—	4	4 y mayor	mar-16	Ilimitado	

Tabla 6 (Continuación)

3. Ensayos en Soldadura con Proceso por Electroescoria y Electrogas ^{3,11}								
	Espesor Nominal de la Placa para Ensayo	Cantidad de Muestras de Ensayo				Espesor Nominal Calificado en Placa		
		Tracción con Sección Reducida (ver Fig. 4.14)	Tracción en Metal de Soldadura (ver Fig. 4.18)	Doblado Lateral (ver Fig. 4.13)	Ensayo de Impacto	Min.	Max.	

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Todas las soldaduras de ensayo de chapas, caños o tubos deben ser inspeccionadas visualmente (ver 4.9.1) y sujetos a NDT (ver 4.9.2). Debe requerirse un ensayo de chapa, tubo o caño para cada posición calificada.

^b Ver figuras 4.10 y 4.11 para los requerimientos de ensayo de chapas.

^c Para soldaduras sin preparación de bordes (sin bisel), que están calificadas sin refuerzo, el espesor máximo calificado debe estar limitado al espesor de ensayo en chapa.

^d La calificación de soldadura con bisel de PJP en cualquier espesor o diámetro califica a cualquier tamaño de soldadura de filete o de bisel con CJP, para cualquier espesor

^e Una calificación con cualquier diámetro de caño o tubo de sección circular califica a todas las dimensiones (ancho y altura) de sección rectangular.

^f Si están especificados, los ensayos de impacto deberán estar de acuerdo con lo indicado en sección 4, parte D.

^g Ver tabla 4.1 para los detalles de bisel requeridos para la calificación de juntas a tope tubulares en conexiones de junta T-, Y-, K-.

^h Ver figura 4.9 para requerimientos de chapa.

ⁱ Para 3/8 pulg, de placa o espesor de pared, la ensayo de doblamiento lateral puede ser sustituida por ensayos de cada cara y raíz que se necesite.

Tabla 7. Número y tipo de muestras de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado, calificación WPS, soldaduras de canal PJP.

	Cantidad de Muestras de Ensayo ^{3,b}					Rangos de Calificación ^{0,11}	
	Macro-Ataque para Tamaño de Soldadura (E)	Tracción con Sección	Doblado de Raíz	Doblado de Cara	Doblado Lateral	Profundidad de Canal	Espesor Nominal de Placa o Tubo, plg. [mm]
	4.11.2	Reducida	de Raíz	de Cara	Lateral		
	4.11.3	(ver Fig.	(ver Fig.	(ver Fig.	(ver Fig.		
Profundidad de Canal, T pulg, [mm]	4.H.4	4.14)	4.12)	4.12)	4.13)		Min. Max.
1/8 < T < 3/8 [3 < T < 10]	3	2	2	2	—	T	1/8 [3] 2T
3/8 < T < 1 [10 < T < 25]	3	2	—	—	4	T	1/8 [3] ilimitado

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Requerimientos básicos

^a Debe requerirse una placa o tubo para una ensayo, por posición. Para ensayo de placa, ver las Figuras 4.10 o 4.11. En la calificación se utilizaran los detalles de bisels con PJP para producción. Todas las placas y tubos deberán ser inspeccionadas a la vista (ver 4.9.1).

^b Si fuera necesario utilizar soldadura de PJP con bisel en J o 1/2 V para juntas en T, o bisel en V o en U para juntas en L, la junta a tope debe tener una chapa temporaria restrictiva en el plano de la cara recta (en escuadra), para simular una configuración de junta T.

^c Ver los requerimientos de diámetro de tubo o caño para calificación de la tabla 4.2.

^d Cualquier calificación con PJP calificará también cualquier tamaño de soldadura de filete en cualquier espesor

Tabla 8. Número y tipo de muestras de ensayo y rango de espesores y diámetro calificado, calificación WPS, soldaduras de filete.

Muestras de Ensayo Requeridas ¹¹						Tamaños Calificados	
Muestra de Ensayo	Tamaño de Filete	Cantidad de Soldaduras para EPS	Macro-Ataque 4.11.1 4.8.4	Tracción en el Metal de Soldadura (ver Figure 4.18)	Doblado Lateral (ver Figure 4.13)	Espesor ³ de Placa/Tubo	Tamaño de Filete
Ensayo -T de Placa (figura 4.19)	Pasada única, tamaño max. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada	3 caras			Ilimitado	Max. pase individual ensayado y menor
	Pasada múltiple, tamaño min. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada	3 caras			Ilimitado	Min. pase múltiple ensayado y mayor
Ensayo -T de Tubo ^c (figura 4.20)	Pasada única, tamaño max. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada (ver tabla 4.1)	3 caras (excepto para 4F y 5F, se requieren 4 caras)			Ilimitado	Max. pase individual ensayado y menor
	Pasada múltiple, tamaño min. a ser usado en construcción	1 en cada posición a ser usada (ver tabla 4.1)	3 caras (excepto para 4F y 5F, se requieren 4 caras)			Ilimitado	Min. pase múltiple ensayado y mayor
Ensayo de Canal ^d (figura 4.23)		1 en posición 1G		1	2	Califica para los consumibles de soldadura a ser usados en el ensayo T	

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a El espesor mínimo calificado es 1/8 pulg. [3 mm].

^b Todos los ensayos de placa o tubos deberán ser inspeccionados visualmente de acuerdo con 4.9.1.

^c Ver tabla 4.2(2) para calificación de diámetro de tubo.

^d Cuando los consumibles de soldadura usados no están conformes a las disposiciones para precalificación del sección 3, o la WPS que usa los consumibles de soldadura propuestos no fue establecida por el contratista, en concordancia con 4.10 o 4.11, deberá soldarse una placa de ensayo con de canal de CJP de acuerdo con 4.9.

- Inspección visual (ver 3.2.6.1)
- NDT (ver 3.2.6.2)

- Doblado de cara, raíz y lado (ver 3.2.6.3 Especímenes para doblado de raíz, cara y lado)
- Tracción en sección reducida (ver 3.2.6.3 Especímenes de tracción de sección reducida)
- Tracción en todo el metal de soldadura (ver 3.2.6.3 Espécimen de tracción de metal de soldadura)
- Macro-ataque (3.2.6.4)

3.2.3 *Tipo de soldadura para la calificación del WPS.* Para el propósito de calificación del WPS, los tipos de soldadura deben calificarse como sigue:

- Soldaduras de canal CJP para conexiones no tubulares (ver 3.2.7)
- Soldaduras de canal PJ9P para conexiones no tubulares (ver 3.2.8)
- Soldaduras de filete para conexiones tubulares (ver 3.2.9)
- Soldaduras de canal CJP para conexiones tubulares (ver 3.2.10)
- Soldaduras de canal PJP para conexiones T-, Y- y K- tubulares (ver 3.2.11)
- Soldaduras de tapón y de ojal para conexiones tubulares (ver 3.2.12)

3.2.4 *Preparación de WPS.* El fabricante o contratista debe preparar un WPS escrito que especifique todas las variables esenciales aplicables a las que se hace referencia en 3.8. Los valores específicos para estas variable WPS deben obtener el registro de calificación del procedimiento (PQR), que debe servir como una confirmación escrita en una calificación de WPS exitosa.

3.2.5 *Variables esenciales*

3.2.5.1 *SMAW, SAW, GMAW, GTAW, FCAW.* Los cambios más allá de las limitaciones de las variables esenciales del PQR para los procesos SMAW, SAW, GMAW, GTAW, FCAW, mostrados en las tablas 9 y 10 (cuando se especifica el ensayo CVN) debe requerir recalificación de WPS (ver 3.1.1.1 Requerimientos de ensayo CVN).

Tabla 9. Cambios de variables esenciales PQR requiriendo recalificación WPS para SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW.

Cambios en Variables Esenciales del PQR que Requieren Recalificación	Proceso*				
	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Metal de Aporte					
1) Incremento en la clasificación de resistencia del metal de aporte	X		X	X	
2) Cambio de electrodo SMAW de bajo hidrógeno a electrodo que no es de bajo hidrógeno	X				
3) Cambio de una clasificación de electrodo o clasificación fundente-electrodo a cualquier otra clasificación ²		X		X	X
4) Cambio a una clasificación de electrodo o clasificación fundente-electrodo no cubierta por:	AWS A5.1 o A5.5	AWS A5.17 o A5.23	AWS A5.18 o A5.28	AWS A5.20 o A5.29	AWS A5.18 o A5.28
5) Adición o supresión del metal de aporte					X
6) Cambio de alimentación con alambre frío a caliente o viceversa					X
7) Agragado o quita de metal de aporte suplementario en polvo o granulado o trozos de alambre		X			
8) Incremento del metal de aporte suplementario en polvo o granulado o trozos de alambre		X			
9) Si el contenido de aleantes del metal de soldadura depende en gran medida del metal de aporte suplementario en polvo, cualquier cambio en la WPS que da como resultado un metal de soldadura depositado cuyos elementos de aleación no satisfacen los requerimientos de composición química de la WPS		X			
10) Cambio en el diámetro nominal del electrodo por:	> 1/32 pulg. [0.8 mm] incremento	Cualquier incremento ^b	Cualquier incremento o disminución	Cualquier incremento	> 1/16 pulg. [1.6 mm] Incremento o disminución
11) Cambio en el número de electrodos		X	X	X	X
Parámetros de Proceso					
12) Cambio en la corriente de soldadura o amperaje [A] para cada diámetro usado por:	A un valor no recomendado o por el	> 10% de incremento o disminución	> 10% de incremento o disminución	> 10% de incremento o disminución	> 25% de incremento o disminución
13) Cambio en el tipo de corriente (ca a cc) o polaridad (electrodo positivo o negativo para corriente cc)	X	X	X	X	X
14) Cambio en el modo de transferencia:			X		
15) Cambio en la salida de VC a CC (voltaje constante a corriente constante):			X	X	
16) Cambio en el voltaje para cada diámetro usado:		> 7% de incremento o disminución	> 7% de incremento o disminución	> 7% de incremento o disminución	
17) Un incremento o disminución en la velocidad de alimentación de alambre para cada diámetro del electrodo (si no está controlado por amperaje) por:		> 10%	> 10%	> 10%	****

Tabla 9 (Continuación)

Parámetros Eléctricos (Cont)					
18) Cambio en la velocidad de avance ^{1,-} por:		> 15% de incremento o disminución	> 25% de incremento o disminución	> 25% de incremento o disminución	> 50% de incremento o disminución
Gas de Protección					
19) Cambio en el gas de protección de un único gas a cualquier otro o a una mezcla de gases, o en la composición porcentual nominal especificada de una mezcla de gas, o a ningún gas			X	X	X
20) Cambio en el caudal o flujo total del gas:			> 50% de incremento	> 50% de incremento	> 50% de incremento
			> 20% de disminución	> 20% de disminución	> 20% de disminución
21) Cambio a un gas de protección no contemplado por:			AWS A5.18 o A5.28	AWS A5.20 o A5.29	
Parámetros SAW					
22) Cambio > 10%, o 1/8 pulg. [3 mm], cualquiera sea mayor, en el espaciado longitudinal de los arcos		X			
23) Cambio > 10%, o 1/8 pulg. [3 mm], cualquiera sea mayor, en el espaciado lateral de los arcos		X			
24) Incremento o disminución mayor que 10° en la orientación angular de cualquier electrodo		X			
25) Para SAW mecanizado o automatizado, un incremento o disminución mayor que 3° en el ángulo del electrodo		X			
26) incremento o disminución mayor que 5° normales a la		X			
General					
27) Cambio en la posición, no calificada por la tabla 4.1	X	X	X	X	X
28) Cambio en diámetro, o espesor, o ambos, no calificados por la tabla 4.2	X	X	X	X	X
29) Cambio en el metal base o combinación de metales base, no listados en el o calificados por la tabla 4.8	X	X	X	X	X
30) Soldadura Vertical: Para cualquier cambio en la progresión de la pasada, de ascendente a descendente y viceversa	X		X	X	X
General (Cont)					
31) Cambio en el tipo de canal (e.g. canal simple a canal doble V). Excepto la calificación de cualquier soldadura de canal PJP que califica para cualquier detalle de canal que cumpla con los requerimientos de 3.12	X	X	X	X	X
32) Cambio de una junta con canal a una de canal cuadrado y viceversa	X	X	X	X	X
33) Cambio excediendo las tolerancias de 3.12, 3.13, 3.13.5, 5.22.4.1 o 5.22.4.2 que: uyan:	X	X	X	X	X

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Procesos de soldadura:

- SMAW = Soldadura por arco con electrodo revestido o soldadura manual.
- SAW = Soldadura por arco sumergido.
- GMAW = Soldadura por arco con alambre macizo y protección gaseosa o soldadura semiaut, con alambre macizo.
- FCAW = Soldadura por arco con alambre tubular o soldadura semiaut. Con alambre tubular.
- GTAW = Soldadura por arco con electrodo de tungsteno y protección gaseosa.

^a Se permite un cambio disminuyendo la resistencia del metal de aporte sin recalificar la WPS.

^b Para la WPS que usa fundente activo aleado, cualquier incremento o disminución en el diámetro del electrodo debe requerir recalificación de la WPS.

^c Los rangos de velocidad de avance para todos los tamaños de soldaduras de filete pueden ser determinados por la mayor soldadura de filete de pasada única y la menor soldadura de filete de pasadas múltiples de los ensayos de calificación.

^d El precalentamiento de producción de la soldadura o temperatura de interpase puede ser menor que la temperatura de precalentamiento o interpase de PQR, proporcionando que las provisiones del 5.6 se cumplan, y la temperatura del metal de base no debe ser menor que la temperatura de WPS al tiempo de la soldadura subsecuente.

^e Electrodo AWS A5M (Unidades Métricas) de la misma clasificación pueden ser usados en lugar de la clasificación de electrodos AWS A5 (Unidades Americanas).

Nota: Una “x” indica aplicabilidad del proceso, un bloque gris indica la no aplicabilidad del proceso.

Tabla 10. Cambios de variables esenciales suplementarios en el PQR para aplicaciones de ensayo CVN que requieren recalificación para SMAW, SAW, GMAW, FCAW y GTAW.

Variables	SMAW	SAW	GMAW	FCAW	GTAW
Metal Base					
1) Cambio en Numero de Grupo	X	X	X	X	X
2) El espesor mínimo cualificado es T o 5/8 pulg. [16 mm], cualquier sea menor, excepto si T es menor que 1/4 pulg. [6 mm], entonces el espesor mínimo cualificado es 1/8 pulg. [3 mm]	X	X	X	X	X
Metal de Aporte					
3) Un cambio en la clasificación AWS A5.X, o a una clasificación del metal de aporte o soldadura no cubierto en ninguna especificación A5.X	X	X	X	X	X
4) Un cambio en la clasificación de Alambre/Fundente, o un cambio en el electrodo o en el nombre del fundente cuando no son clasificados por una especificación AWS, o a una escoria molida		X			
5) Un cambio en el fabricante, nombre de la marca hecha por el fabricante o tipo de electrodo				X	
Posición					
6) Un cambio de posición a vertical ascendente. Una ensayo de posición 3G vertical ascendente cualifica para todas las posición y vertical descendente	X		X	X	X
Temperatura de Pre calentamiento/Interpase					
7) Un aumento de más de 100°F[56°C] en la máxima temperatura de pre calentamiento o interpase cualificada	X	X	X	X	X
Tratamiento Térmico Post Soldadura					
8) Un cambio en la temperatura PWHT o/y en los rangos de tiempo. El ensayo PQR debe ser sujeta al 80% a los tiempos agregados en temperatura. El PWHT total en temperatura puede ser aplicado en un ciclo de calentamiento	X	X	X	X	X
Características Eléctricas					
9) Un aumento de la entrada de calor o en el volumen del metal de soldadura depositado por unidad de longitud de la soldadura, sobre el calificado, excepto cuando se aplica un tratamiento térmico de afinamiento de grano austenítico después de la soldadura. El aumento puede ser medido por cualquier de las siguientes formas: a) Entrada Calorífica (J/pulg) = (Voltios x Amperios x 60) / (Velocidad de avance (pulg./min)). b) Volumen de Metal de Soldadura—Un aumento en el tamaño del cordón, o un descenso en la longitud del cordón de soldadura por unidad de longitud del electrodo	X	X	X	X	X
Otras Variables					
10) En la posición vertical, un cambio de recto a oscilado	X	X	X	X	X
11) Cambio de multipaso por lado a paso individual por lados	X	X	X	X	X
12) Un cambio excediendo el ±20% en variables de oscilación para soldaduras <u>mecanizadas</u> y automáticas		X	X	X	X

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

3.2.5.2 ESW y EGW. Ver la tabla 11 para los cambios de variable esencial del PQR que requieran recalificación del WPS para los procesos EGW y ESW.

Tabla 11. Cambios de variables esenciales PQR requiriendo recalificación para ESW O EGW.

Cambios de Variables Esenciales del PQR que Requieren Recalificación	Recalificación por Ensayo del EPS	Recalificación por RT o US ^a
Metal de Aporte		
1) Un cambio significativo en el metal de aporte o la composición del metal de guía consumible	X	
Moldes (fijos o removibles)		
2) Cambio de metálico a no metálico o viceversa		X
3) Cambio de consumible a no consumible o viceversa		X
4) Reducción en cualquier dimensión de la sección transversal o área de un molde solido no fusionable > 25%		X
5) Cambio en el diseño de solido no consumible a enfriado por agua o viceversa	X	
Oscilación del Metal de Aporte		
6) Cambio en la velocidad de oscilación transversal >10 ipm (4 mm/s)		X
7) Cambio en el tiempo permanencia de la oscilación transversal > 2 segundos (excepto cuando sea necesario para compensar las variaciones de abertura de la junta)		X
8) Cambio en el largo de la oscilación transversal que afecta la proximidad del metal de aporte al molde en un valor mayor que 1/8 pulg. [3 mm]		X
Suplementos del Metal de Aporte		
9) Cambio en el área de la sección transversal de la guía tubular consumible > 30%	X	
10) Cambio en el sistema de fundente, i'.e. con núcleo, electrodo magnético, extemo, etc.	X	
11) Cambio en la composición del fundente incluyendo recubrimiento de la guía consumible	X	
12) Cambio en la carga del fundente > 30%		X
Diámetro del Electrodo/Metal de Aporte		
13) Incremento o disminución en el diámetro del electrodo > 1/32 pulg. [1 mm]		X
14) Cambio en el número de electrodos usados	X	
Corriente de Soldadura		
15) Incremento o disminución de la corriente [A] > 20%	X	
16) Cambio en el tipo de corriente (CA o CC) o de la polaridad		X
Voltaje de Arco del Electrodo		
17) Incremento o disminución del voltaje [V] •> 10%		X
Características del Proceso		
18) Cambio a una combinación con otro proceso de soldadura	X	

Tabla 11 (Continuación)

19) Cambio de pasada única a pasada múltiple y viceversa	X	
20) Cambio de corriente constante a voltaje constante y viceversa		X
Velocidad de Alimentación del Alambre		
21) Incremento o disminución en la velocidad de alimentación del alambre > 40%	X	
Velocidad de Soldadura		
22) Incremento o disminución en la velocidad de avance (si no es una función automática de la longitud de arco o velocidad de depósito) > 20% (excepto cuando sea necesario para compensar la variación de la separación de junta)		X
Protección del Electrodo (Soldadura por Electrodeos)		
23) Cambio en la composición del gas de protección en uno de sus componentes > 5% del flujo total	X	
24) Incremento o disminución en el caudal o flujo total de protección > 25%		X
Posición de Soldadura		
25) Cambio en la posición vertical > 10°		X
Tipo de Canal		
26) Incremento en el área transversal de la sección (para canal no rectos)	X	
27) Disminución en el área transversal de la sección (para canal no rectos)		X
28) Cambio en el espesor de la junta respecto del PQR, límites exteriores de 0.5T-1.1T	X	
29) Incremento o disminución > 1/4 pulg. [6 mm] en la separación de raíz de un canal cuadrado		X
Tratamiento Término Post Soldadura		
30) Cambio en el tratamiento término post soldadura	X	

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Los ensayos se llevan a cabo en conformidad con la sección 6, partes E o F, donde se apliquen.

Nota: Una “x” indica aplicabilidad para el método de recalificación; un bloque gris indica falta de aplicabilidad.

3.2.5.3 Calificación del metal base. Los WPSs que requieren de una calificación que use los metales base enlistados en la tabla 4 deben calificar otros grupos de metal base en conformidad con la tabla 12. Los WPSs para los metales base no enlistados en las tablas 4 o 13 deben calificarse en conformidad con este capítulo. El uso de metales base no enlistados debe ser aprobado por el Ingeniero.

Los WPSs con aceros enlistados en la tabla 13 también deben calificar los aceros de las tablas 4 o 13 en conformidad con la tabla 12. La tabla 13 contiene recomendaciones para metal de aporte de similar resistencia, y las temperaturas mínimas de precalentamiento e Interpase para ASTM 514, A 517, A 709 Grados 100 y 100W, ASTM A 710 aceros de Grado A (Clase 1 y 3), y ASTM A 871 Grados 60 y 65.

Tabla 12. Tabla 4, Tabla 13 y aceros no incluidos calificados por PQR.

Metal Base del PQR	Combinaciones de Grupo de Metal Base de WPS Permitido por PQR
Cualquier Acero del Grupo I con Cualquier Acero del Grupo I	Cualquier Acero del Grupo I con Cualquier Acero del Grupo I
Cualquier Acero del Grupo II con Cualquier Acero del Grupo II	Cualquier Acero del Grupo I con Cualquier Acero del Grupo I Cualquier Acero del Grupo II con Cualquier Acero del Grupo I Cualquier Acero del Grupo II con Cualquier Acero del Grupo II
Cualquier Acero Específico del Grupo III o un Acero de la tabla 4.9 con Cualquier Acero del Grupo I	El Grupo III específico del PQR o el Acero Ensayado de la tabla 4.9 con Cualquier Acero del Grupo I
Cualquier Acero Específico del Grupo III o un Acero de la tabla 4.9 con Cualquier Acero del Grupo II	El Grupo III específico del PQR o el Acero Ensayado de la tabla 4.9 con Cualquier Acero del Grupo II
Cualquier Acero del Grupo III con el Mismo o con Cualquier Otro Acero del Grupo III o Cualquier Acero del Grupo IV con el Mismo o con Cualquier Acero del Grupo IV o Cualquier Acero de la tabla 4.9 con el Mismo con Cualquier Otro Acero de la tabla 4.9	Los aceros deberán ser de la misma especificación, grado/tipo y resistencia mínima a la fluencia tal como los Aceros listados en el PQR
Cualquier Combinación de Aceros de los Grupos III y IV y Aceros de la tabla 4.9	Sólo la Combinación Específica de Aceros listados en el PQR
Cualquier Acero No Incluido con Cualquier Acero no listado o Cualquier Acero listado en tabla 3.1 o tabla 4.9	Sólo la Combinación Específica de Aceros listados en el PQR

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

- Desde el Grupo I hasta Grupo IV se encuentran en la tabla 3.1.
- Cuando sea permisible por la especificación del acero, la resistencia a la fluencia puede ser reducida por un incremento en el espesor del metal.

Reporte de calificación de procedimiento (PQR). Este documento corresponde al anexo del WPS, y en él van detallados todos los pasos que conllevan a la calificación de un proceso, procedimiento y operarios de soldadura. En él están relacionados las diferentes pruebas o ensayos realizados y la certificación de aprobación o rechazo firmada por inspector certificado en soldadura. Cada WPS puede contener uno o varios PQR. Para efectos contractuales y para efectuar soldaduras similares en el futuro, las pruebas realizadas son igualmente aplicables tanto para la soldadura por máquina como para la soldadura manual, y siempre es obligatoria cuando se trabaja conforme a códigos. (Alberto Zapata Meneses, Mayo 2004. UTP. ISSN 0122-1701).

Tabla 13. Metales de base aprobados por código y metales de aporte que requieren calificación.

Metal de Base					Metal de Aporte con la Misma Resistencia			Espesor de Metal de Base, T		Temperatura Mínima de Pre calentamiento y Interpase	
Especificación	Mínimo Fluencia Punto/ Rendimiento		Rango de Tracción (Tracción)		Proceso	Especificación de Electrodo AWS	Clasificación de Electrodo	pulg.	mm	°F	°C
	ksi	MPa	Ksi	MPa							
ASTM A 871 Grados 60, 65	60 65	415 450	75 min. 80 min.	520 min. 550 min.	SMAW SAW GMAW FCAW	A5.5 A5.23 A5.28 A5.29	E8015-X, E8016-X, E8018-X F8XX-EXXX-XX, F8XX-ECXXX-XX ER80S-XXX, E80C-XXX E8XTX-X, E8XTX-XC, E8XTX-XM	Hasta 3/4 Más de 3/4 por 1-1/2 Más de 1- 1/2 por 2- 1/2 Más de 2- 1/2	Hasta 20 Más de 20 por 38 Más de 38 por 65 Más de 65	50 125 175 225	10 50 80 110
ASTM A 514 (Más de 2-1/2 in [65 mm])	90	620	100-130	690-895	SMAW	A5.5	E10015-X, E10016-X, E10018-X, E10018M				
ASTM A 709 Grados 100, 100W (Más de 2-1/2 pulg. a 4 in [65 a 100 mm])	90	620	100-130	690-895	SAW	A5.23	F10XX-EXXX-XX, F10XX-ECXXX-XX				
ASTM A 710 Grado A. Clase 1 ≤ 3/4 pulg. [20 mm]	80-85	550-585	90 min.	620 min.	GMAW	A5.28	ER100S-XXX, E100C-XXX				
ASTM A 710 Grado A. Clase 3 ≤ 2 pulg. [50 mm]	75-80	515-550	85 min.	585 min.	FCAW	A5.29	E10XTX-XC, E10XTX-XM				
ASTM A 514 (2-1/2 pulg. [65 mm] y menor)	100	690	110-130	760-895	SMAW	A5.5	E11015-X, E11016-X, E11018-X, E11018M				
ASTM A 517	90-100	620-690	105-135	725-930	SAW	A5.23	F11XX-EXXX-XX, F11XX-ECXXX-XX				
ASTM A 709 Grados 100, 100W (2-1/2 pulg. [65 mm] y menor)	100	690	110-130	760-895	GMAW	A5.28	ER110S-XXX, E110C-XXX				
					FCAW	A5.29	E11XTX-XC, E11XTX-XM				
ASTM A 1043/A 1043M Grados 36, 50	36-52 50-65	250-360 345-450	58 min. 65 min.	400 min. 450 min.	SMAW SAW GMAW	A5.1 A5.5 A5.17 A5.23 A5.18	E7015, E7016, E7018, E7028 E7015-X, E7016-X, E7018-X F7XX-EXXX, F7XX-ECXXX F7XX-EXXX-XX, F7XX-ECXXX-XX ER70S-X, E70C-XC, E70C-XM (Los electrodos con el sufijo -GS deben ser excluidos)				
					FCAW	A5.28 A5.20 A5.29	ER70S-XXX, E70C-XXX E7XT-X, E7XT-XC, E7XT-XM (Los electrodos con los sufijos -2C, -2M, -3, -10, -13, -14 y -GS deben ser excluidos, y los electrodos con el sufijo -11 deberán ser excluidos para espesores mayores a 1/2 in [12 mmj]) E7XTX-X, E7XTX-XC, E7XTX-XM				

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

1. Cuando las soldaduras sean sometidas a alivio de tensiones el metal de soldadura depositado no debe exceder 0.05% vanadio (ver 5.8).
2. Cuando se requiere por el contrato o especificación de trabajo, el metal de soldadura depositado debe tener un mínimo de energía CVN de 20 ft-lb [27.1 J] a 0°F [20°C] como se determina usando ensayos CVN en conformidad con sección 4, parte D.
3. Para ASTM A 514, A 517 y A 709, Grados 100 y 100W, la temperatura máxima de precalentamiento e interpase no debe exceder los 400°F [200°C] para un espesor hasta 1-1/2 pulg. [38 mm] inclusivo, y 450°F[230°C] para espesores mayores.
4. Las propiedades de los metales de aporte han sido movidas al anexo V informativo.
5. Los electrodos AWS A5M (unidades internacionales) de las mismas clasificaciones pueden ser usados en lugar de la clasificación de electrodo AWS A5 (unidades americanas).

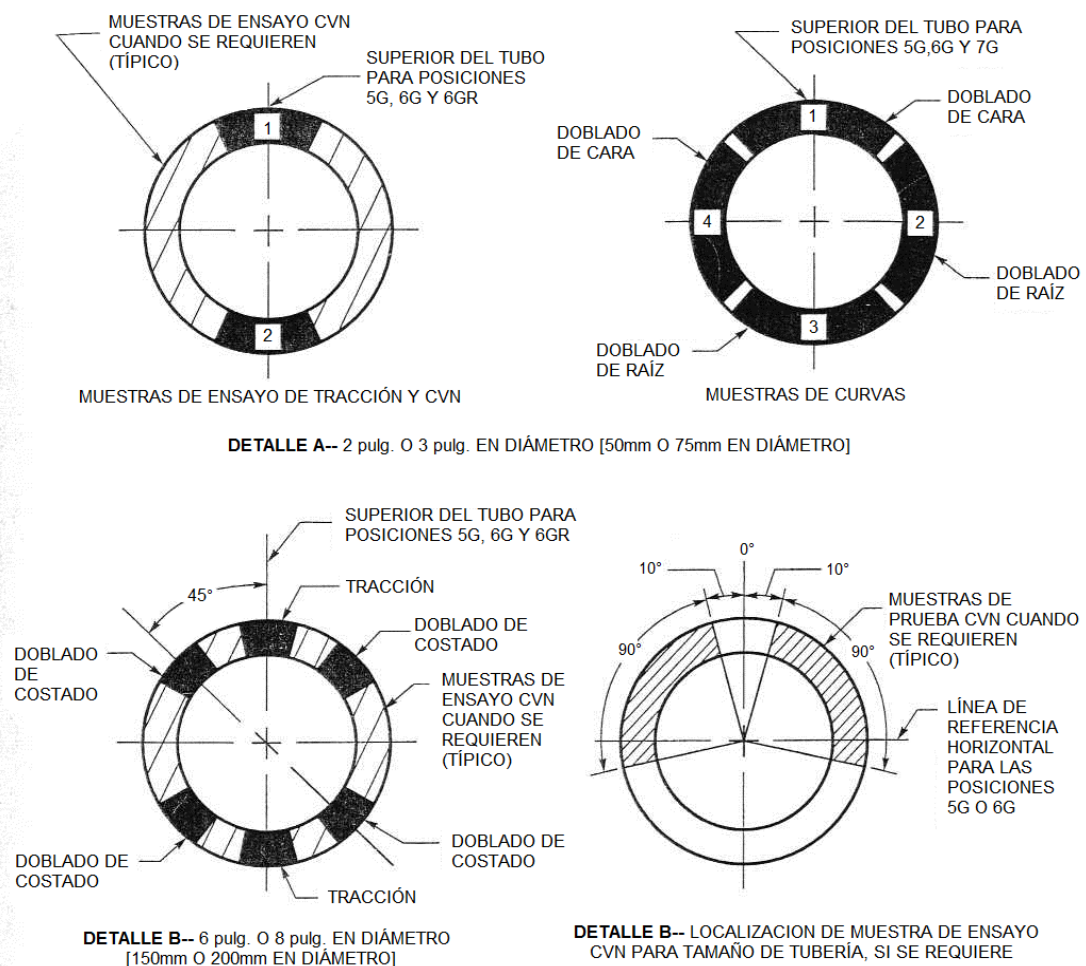
3.2.5.4 Temperatura de precalentamiento e interpase. La mínima temperatura de precalentamiento e interpase deberían establecerse en base a la composición de acero como se muestra en la tabla 4, de manera alternativa, pueden utilizarse los métodos reconocidos de predicción o pautas como las proporcionadas en el anexo B, u otros métodos. Las temperaturas de precalentamiento e interpase menores a las requeridas por la tabla 2 o calculadas por el anexo B pueden usarse siempre que sean aprobadas por el Ingeniero y calificadas por una prueba WPS.

Los métodos del anexo B están basados en ensayos de fisuración de laboratorio y pueden predecir temperaturas de precalentamiento más altas que la temperatura mínima mostrada en la tabla 2. El anexo B puede ser de valor para identificar situaciones en las que el riesgo de fisuración se incrementa debido a la composición, restricción, nivel de hidrógeno o un aporte de calor de soldadura más bajo donde un precalentamiento más

alto puede ser garantizado. De manera alternativa, el anexo B puede asistir en la definición de las condiciones bajo las cuales la fisuración por hidrógeno es improbable y donde los requerimientos mínimos de la tabla 2 pueden ser menos rigurosos.

3.2.6 Métodos de ensayo y criterios de aceptación para la calificación de WPS. Los ensambles de ensayo soldados en conformidad a 3.2.6.2 deben tener los especímenes de ensayo preparados al cortar la placa de ensayo, tubo o tubería como se muestra en la figura 8 a la 12, la que sea aplicable.

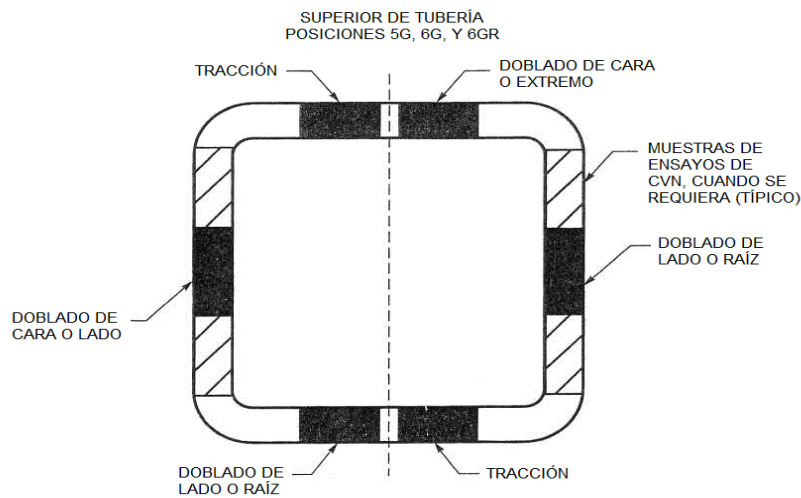
Figura 8. Localización de muestras de ensayo en una tubería soldada de ensayo.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

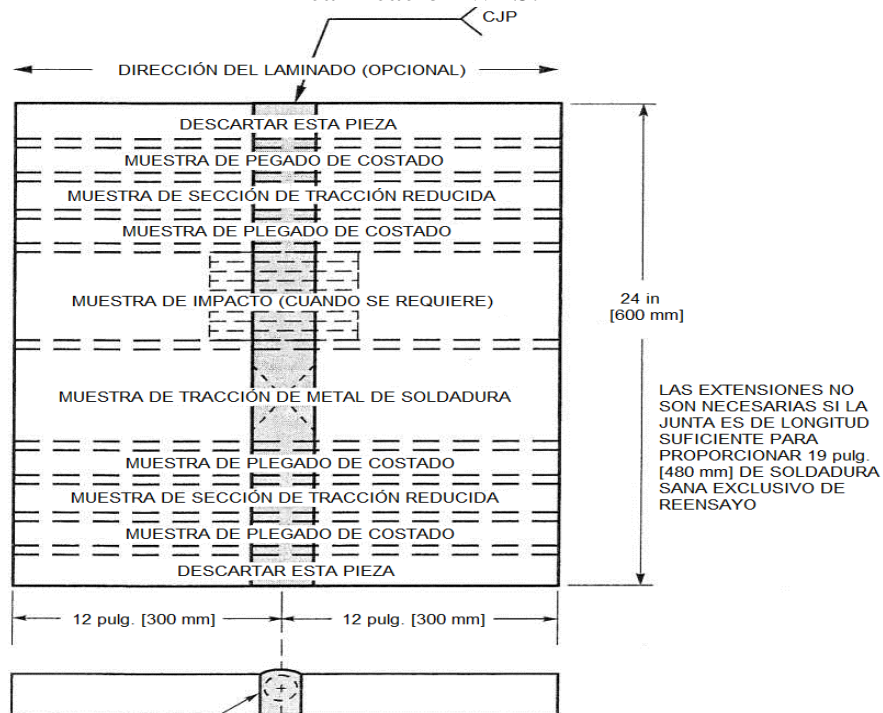
Nota: Puede ser que se requiera duplicados de los tubos de ensayo o tuberías de mayor tamaño cuando se especifica ensayos de CVN en especificaciones o documentos de contratos.

Figura 9. Localización de Muestras de Ensayo en una Tubería Soldada Tipo Cajón.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Figura 10. Localización de muestras de ensayo en placas de ensayo-ESW y EGW-calificación WPS.



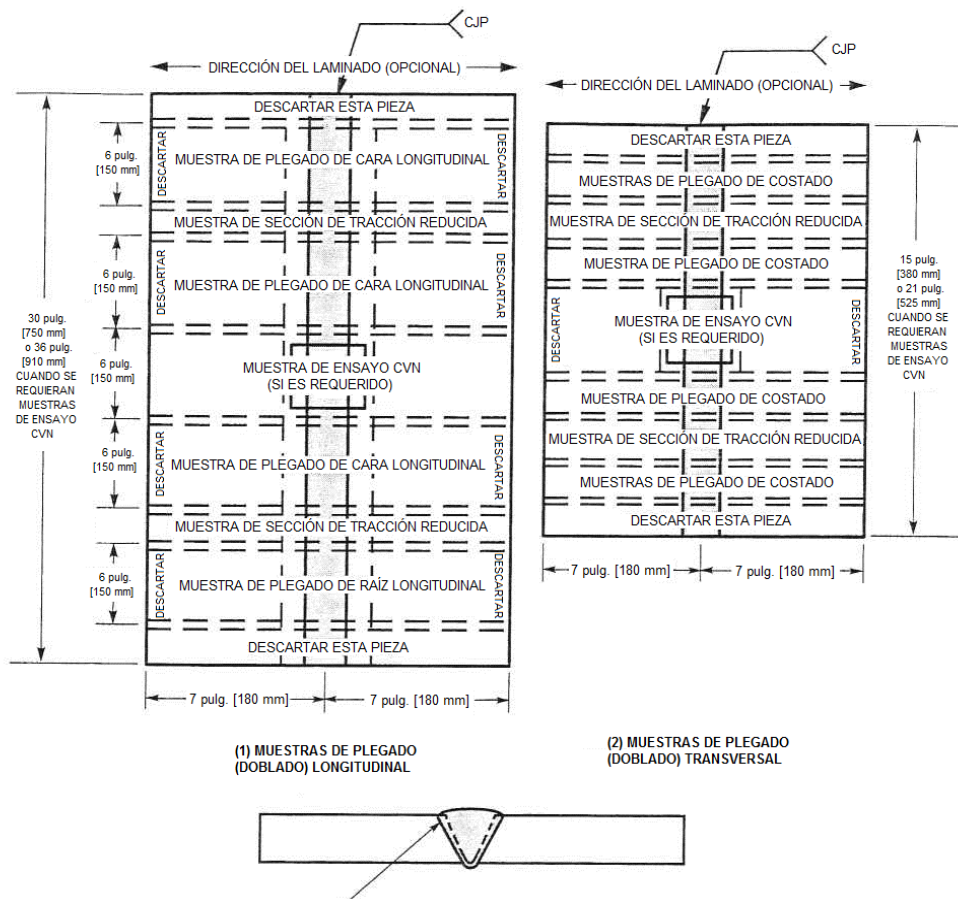
Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

1. La figura de la configuración de la canal es solo una ilustración. La forma de la canal ensayada debe ser conforme con la forma del canal en producción que está siendo calificada.

2. Cuando se necesiten muestras de ensayo CVN, ver la sección 4, parte D para los requerimientos.
3. Todas las dimensiones son mínimas.

Figura 11. Localización de muestras de ensayo en placas de ensayo de espesor mayor a 3/8 pulg. [10 mm] calificación WPS.

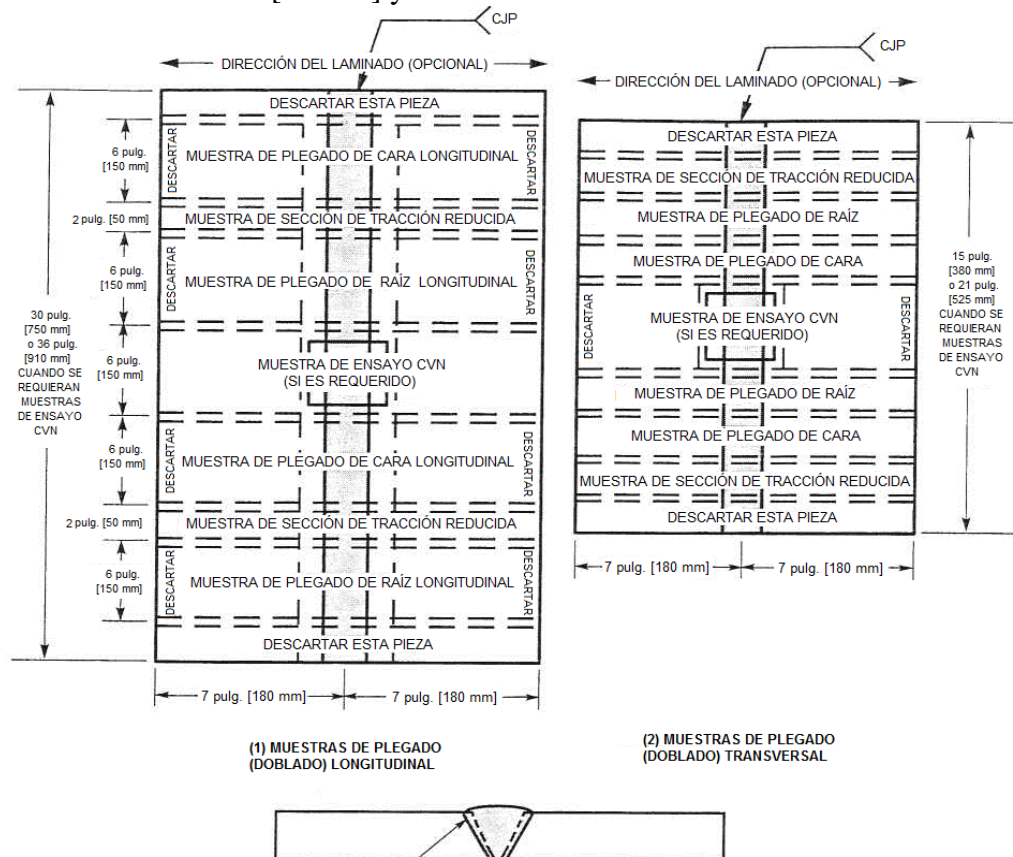


Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

1. La figura de la configuración de la canal es solo una ilustración. La forma de la canal examinada debe ser conforme con la forma del canal en producción que está siendo calificada.
2. Cuando se necesiten muestras de ensayo CVN, las muestras deben ser removidas de su lugar.
3. Todas las dimensiones son mínimas.

Figura 12. Localización de muestras de ensayo en placas de ensayo de espesor 3/8 pulg. [10 mm] y menor calificación WPS.



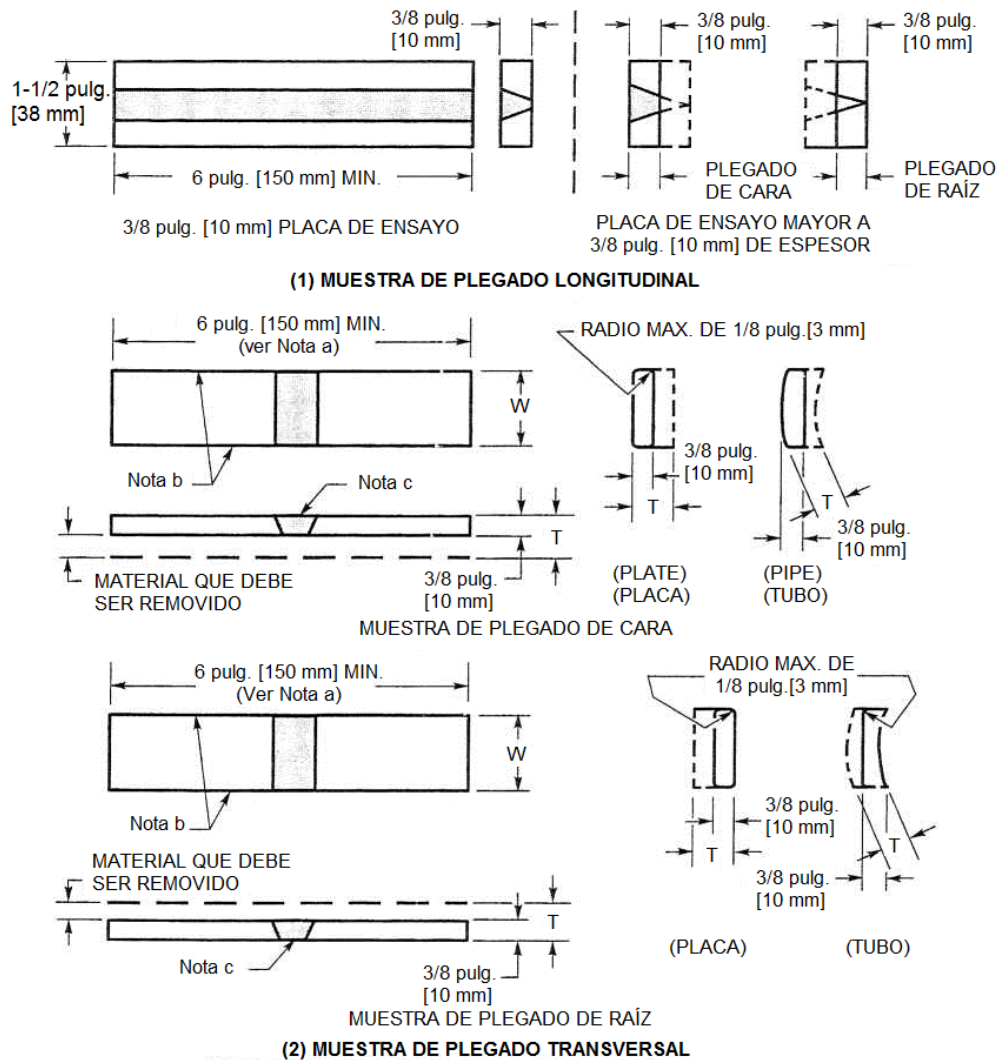
Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

1. La figura de la configuración de la canal es solo una ilustración. La forma de la canal examinada debe ser conforme con la forma del canal en producción que está siendo calificada.
2. Cuando se necesiten muestras de ensayo CVN, las muestras deben ser removidas de su lugar, ilustrado en la figura.
3. Todas las dimensiones son mínimas.
4. Para la placa de 3/8 pulg. [10 mm], la ensayo de doblado de lado puede ser sustituida por ensayos de cada uno de los dobleces de cara y raíz. Ver figura 10 para las muestras de la medida y lugar de la placa.

Los especímenes de ensayo deben prepararse para el ensayo en conformidad con las figuras 13, 14, 15 y 16, según aplique.

Figura 13. Muestras de doblado de cara y raíz.



Dimensiones	
Cupón de Soldadura	Ancho de muestra de Ensayo, W en pulg. [mm]
Placa	1-1/2 [40]
Tubería o tubo de ensayo ≤ 4 pulg. [100 mm] de diámetro	1 [25]
Tubería o tubo de ensayo > 4 pulg. [100 mm] de diámetro	1-1/2 [40]

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Puede ser necesario una muestra de mayor longitud cuando se usa un dispositivo de doblado tipo envolvente o cuando se ensayó usando acero con una resistencia fluencia de 90 ksi [620 MPa] o mayor.

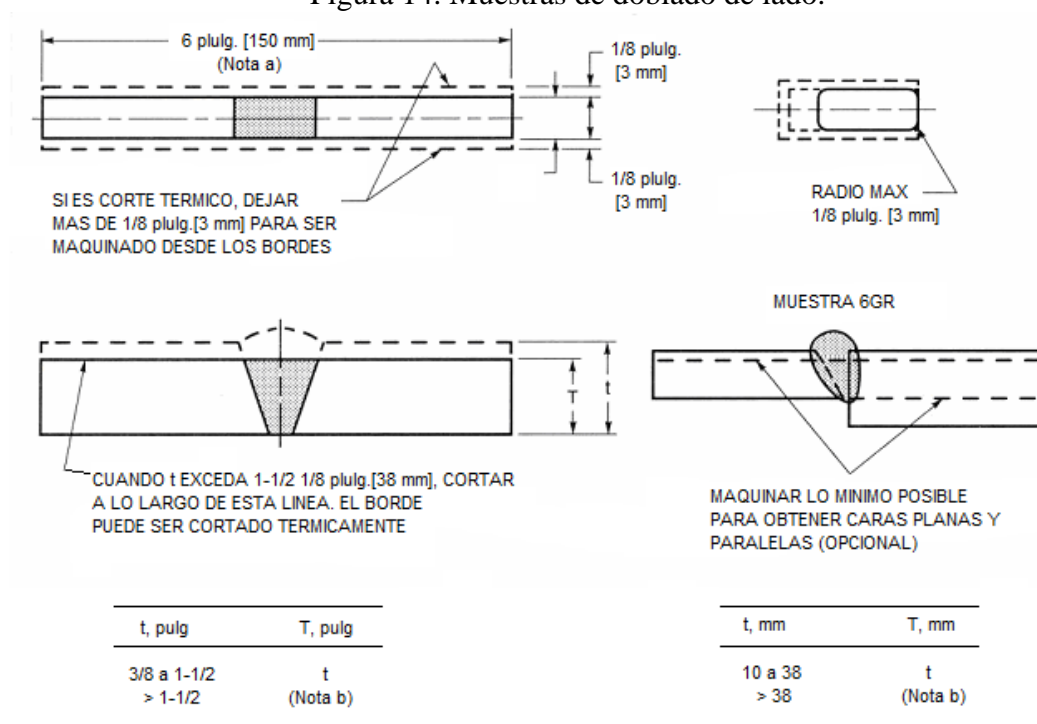
^b Estos bordes pueden ser cortados térmicamente y pueden o no ser maquinados.

⁰ El respaldo y refuerzo de la soldadura, en caso de que sea existente, debe ser eliminado al ras con la superficie de la muestra (ver 5.24.3.1 y 5.24.3.2). Si se usa un respaldo empotrado, esta superficie puede ser maquinada a una profundidad mayor a la profundidad del rebajo para remover el respaldo en tal caso, el espesor de la muestra final debe ser el especificado arriba. Las superficies cortadas deben ser lisas y paralelas.

Notas:

1. T = espesor de placa o de tubo.
2. Cuando el espesor de la placa de ensayo es menor a 3/8 pulg. [10 mm], se debe usar el espesor nominal para los dobleces de las caras y raíces.

Figura 14. Muestras de doblado de lado.



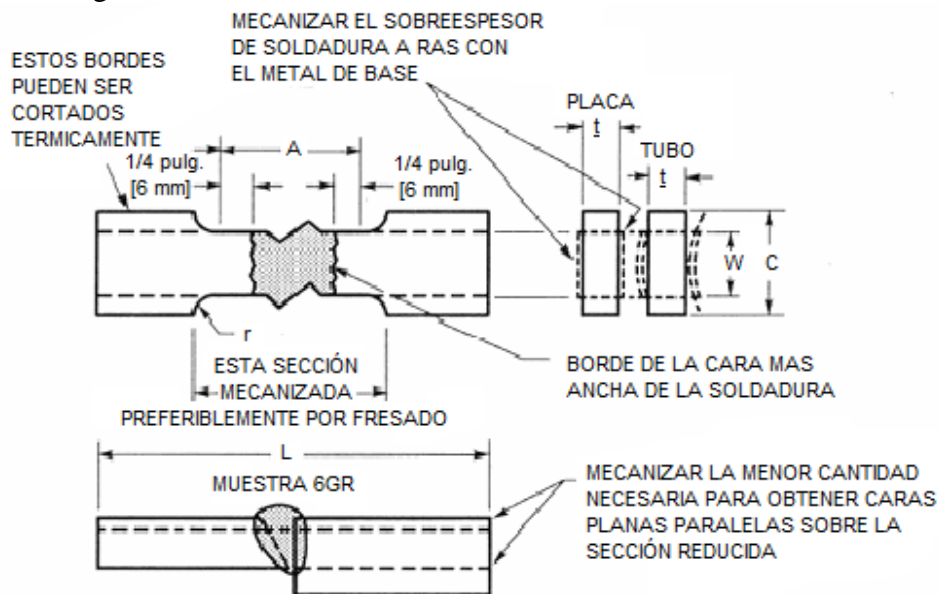
Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Puede ser necesario una muestra de mayor longitud cuando se usa un accesorio flexible de tipo envolvente o cuando, se ensayó usando acero con una resistencia fluencia de 90 ksi [620 MPa] o mayor.

^b Para placas de espesor mayor a 1-1/2 pulg. [38 mm], la muestra debe ser cortada en tiras aproximadamente iguales con un T entre 3/4 pulg. [20 mm] a 1-1/2 pulg. [38 mm] y después probar cada tira.

^c t= espesor de placa o tubo.

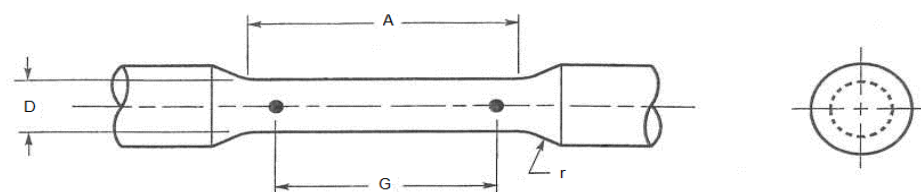
Figura 15. Muestras de la tracción de la sección reducida.



Dimensiones en pulgadas [mm]					
	Espesor de la Placa de Ensayo, Tp			Tubo de Ensayo	
	Tp < 1 pulg. [25 mm]	1 pulg. [25 mm] < Tp < 1-1/2 pulg. [38 mm]	Tp > 1-1/2 pulg [38 mm]	2 pulg. [50 mm] & 3 pulg. [75 mm] Diámetro	6 pulg. [150 mm] & 8 pulg. [200 mm] Diámetro o el Mayor Tamaño del Tubo
A—Longitud de la sección reducida	Cara más ancha de la soldadura + 1/2 pulg. [12 mm], 2-1/4 pulg. [60 mm] min.			Cara más ancha de la soldadura + 1/2 pulg. [12 mm], 2-1/4 pulg. [60 mm] min.	
L—Longitud total, min. ^a	Según lo requerido por el equipo de ensayo			Según lo requerido por el equipo de ensayo	
W—Ancho de la sección reducida ^{b,c}	3/4 pulg. [20 mm] min.	3/4 pulg. [20 mm] min.	3/4 pulg. [20 mm] min.	1/2 ± 0.01 (12 ± 0.025)	3/4 pulg. [20 mm] min.
C—Ancho de la sección de agarre ^{c,d}	W+1/2 pulg. [12mm]min	W + 1/2 pulg. [12mm]min.	W+1/2 pulg. [12mm]min.	W +1/2 pulg. [12mm]min.	W +1/2 pulg. [12mm]ml n.
t—Espesor de la muestra ^{e,f}	Tp	Tp	Tp/n (Nota f)	El máximo posible con caras planas y paralelas dentro del largo A	
r—Radio de filete, min.	1/2 pulg. [12 mm]	1/2 pulg. [12 mm]	1/2 pulg. [12 mm]	1 pulg. [25 mm] 1 pulg. [25 mm]	

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Figura 16. Muestras de tracción de metal de soldadura.



Dimensiones en pulgadas			
	Muestra Estándar	Muestras de Menor Tamaño Proporcionales a Estándar	
Diámetro Nominal ^a	0.500 pulg. de Diámetro	0.350 pulg. de Diámetro	0.250 pulg. de Diámetro
G—Longitud Calibrada	2.000 ± 0.005	1.400 ± 0.005	1.000 ± 0.005
D—Diámetro (Nota a)	0.500 ± 0.010	0.350 ± 0.007	0.250 ± 0.005
r—Radio de filete, min.	03-ago	01-abr	mar-16
A—Longitud de sección reducida (Nota b), min.	02/01/2004	01/03/2004	01/01/2004
Dimensiones (versión métrica por ASTM E 8M)			
	Muestra Estándar	Muestras de Menor Tamaño Proporcionales a Estándar	
Diámetro Nominal	12.5 mm de Diámetro	9 mm de Diámetro	6 mm de Diámetro
G—Longitud Calibrada	62.5 ± 0.1	45.0 ± 0.1	30.0 ± 0.1
D—Diámetro (Nota a), mm	12.5 ± 0.2	9.0 ± 0.1	6.0 ± 0.1
r—Radio de filete, mm, min.	10	8	6
A—Longitud de sección reducida, mm (Nota b), min.	75	54	36

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a La sección reducida puede tener una forma cónica gradual desde el extremo hasta el centro, con los extremos no mayores a 1% mayores en diámetro que el centro (dimensión controladora).

^b Si se desea, la longitud de la sección reducida puede ser incrementada para acomodar un extensómetro de cualquier calibre. Las marcas de referencia para la medida de alargamiento deben ser apartadas proporcionalmente con la longitud del calibre.

Nota: La longitud del calibrada y del filete deben ser mostrados de la forma demostrada, pero los extremos pueden ser de cualquier forma para que puedan encajar con la máquina de ensayo para que la carga sea axial. Si los extremos son los puntos de agarre, es deseable, si es posible hacer que la longitud de la zona de agarre sea más grande por 2/3 más que grande que los agarres para hacer que la muestra se extienda a los puntos de agarre.

3.2.6.1 Inspección visual de las soldaduras. La calificación visual aceptable para la calificación de soldadura de canal o de filete (excluyendo pestañas de soldadura) deben estar en conformidad con los siguientes requerimientos, según aplique:

Inspección visual de las soldaduras de canal. Las soldaduras de canal deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Cualquier grieta debe ser inaceptable, sin importar el tamaño.
- Todos los cráteres deben ser llenados hasta la sección transversal completa de la soldadura.
- El reforzamiento (refuerzo) de la soldadura no debe exceder 1/8 pulg. [3 mm]. El perfil de la soldadura debe estar en conformidad con los requerimientos para perfiles de soldadura y debe tener una fusión completa.
- La socavación no debe exceder 1/32 pulg. [1 mm].
- La raíz de soldadura para canales CJP debe ser inspeccionada, y no debe tener ninguna fisura, fusión incompleta o penetración inadecuada de la junta.
- Para canales CJP soldados en un lado sin respaldo, concavidad en la raíz o sobre fundido deben estar en conformidad con lo siguiente:
- La concavidad de raíz máxima debe ser de 1/16 pulg. [2 mm], siempre que el espesor total de la soldadura sea igual o mayor que el del metal base.
- El sobre fundido máximo debe ser de 1/8 pulg. [3 mm], excepto para conexiones T-, Y- y K- tubulares, donde el sobre fundido no está limitado.

Inspección visual de las soldaduras de filete. Las soldaduras de filete deben cumplir con los siguientes requerimientos:

- Cualquier grieta debe ser inaceptable, sin importar el tamaño.
- Todos los cráteres deben se llenado hasta la sección transversal completa de la soldadura.
- Los tamaños de pierna de la soldadura de filete no deben ser menores a los tamaños de pierna requeridos.
- El perfil de soldadura debe cumplir con los requerimientos para perfiles de soldadura.

3.2.6.2 NDT. Antes de preparar los especímenes de ensayo mecánico, la placa de ensayo de calificación, la tubería o los tubos deben ensayarse de manera no destructiva para evaluar su sanidad, como sigue:

- *RT o UT.* Deben usarse RT o UT. La longitud total de la soldadura en las placas de ensayo, excepto las longitudes descartadas en cada extremo, deben examinarse en conformidad con 4.2 o 4.3. Para tubulares, la circunferencia total de la soldadura completa debe examinarse en conformidad con sección 6, parte C del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.
- *Criterios de aceptación de RT o UT.* Para una calificación aceptable, la soldadura, como lo revela RT o UT, debe estar en conformidad con los requerimientos del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 sección 6, parte C.

3.2.6.3 Ensayos mecánicos. Los ensayos mecánicos deben ser como sigue:

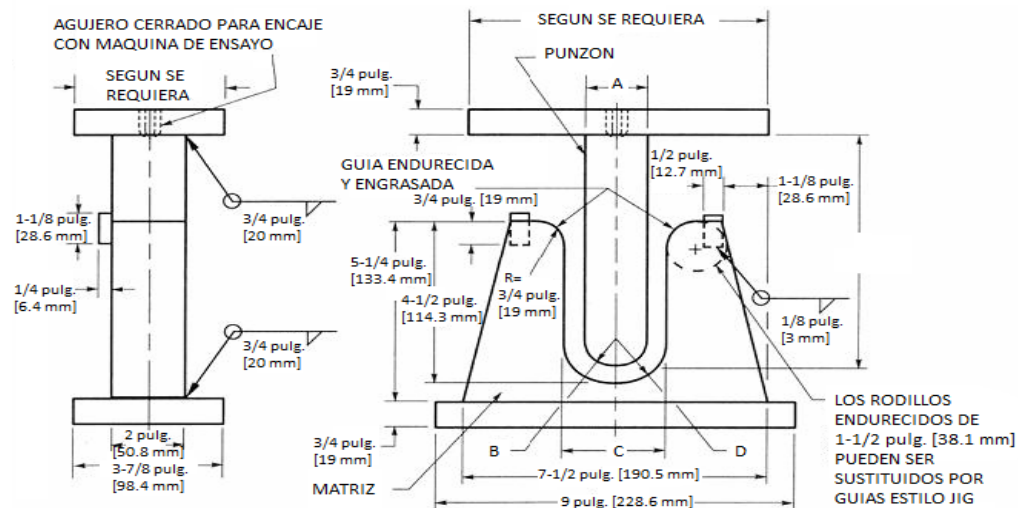
Especímenes para doblado de raíz, cara y lado. (Ver la figura 13 para doblado de raíz y de cara, y la figura 14 para doblado de lado). Cada espécimen debe doblarse en un dispositivo de doblado que cumpla con los requerimientos mostrados en las figuras 17 a la 19 o que sea sustancialmente en conformidad con esas figuras, siempre que el radio de doblado máximo exceda, cualquier medio conveniente puede utilizarse para mover el miembro punzón con relación al miembro de matriz.

El espécimen debe ser colocado en el miembro de matriz del dispositivo con la soldadura al centro. Los especímenes de doblado de cara deben colocarse con la cara de la soldadura dirigida hacia la abertura. Los especímenes de doblado de raíz y de sanidad de soldadura de filete deben colocarse con la raíz de la soldadura dirigida hacia la abertura. Los especímenes de doblado de lado deben colocarse con el lado que muestre la mayor discontinuidad, si es que lo hubiera, dirigida hacia la abertura.

El punzón debe forzar al espécimen dentro de la matriz hasta que este tome forma de U. la soldadura y las HAZ deben estar centradas y completamente dentro de porción doblada del espécimen después del ensayo. Cundo se utiliza el dispositivo de plantilla envolvente, el espécimen debe estar firmemente sujetado a un extremo para que no se

resbale durante la operación de doblado. La soldadura y las HAZ deben estar completamente en la porción doblada del espécimen después del ensayo. Los especímenes de ensayo deben retirarse del dispositivo cuando el rodillo externo haya sido movido 180° del punto de partida.

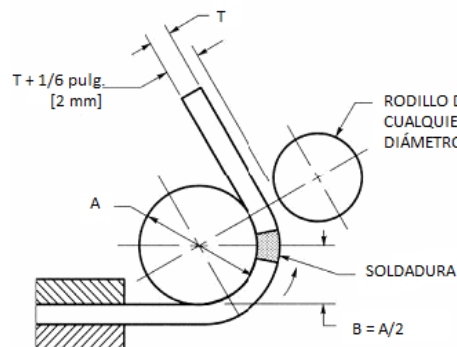
Figura 17. Ensayo de doblado guiado con matriz.



Resistencia a la Fluencia del Metal Base Especificada o Real	A pulg. [mm]	B pulg. [mm]	C pulg. [mm]	D pulg. [mm]
50 ksi [345 MPa] y menor	1-1/2 [38.1]	3/4 [19.0]	2-3/8 [60.3]	1-3/16 [30.2]
Mayor a 50 ksi [345 MPa] hasta 90 ksi [620 MPa]	2 [50.8]	1 [25.4]	2-7/8 [73.0]	1-7/16 [36.6]
90 ksi [620 MPa] y mayor	2-1/2 [63.5]	1-1/4 [31.8]	3-3/8 [85.7]	1-11/16 [42.9]

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

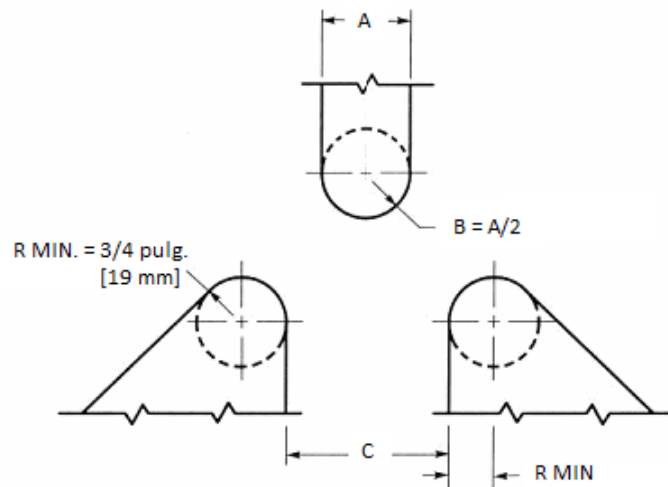
Figura 18. Ensayo alternativo de doblado envolvente guiado con matriz.



Resistencia a la Fluencia del Metal Base Especificada o Real, ksi [MPa]	A pulg.	B pulg.	A mm	B Mm
50 [345] y menor	01/01/2002	03-abr	38.1	19.0
mayor a 50 [345] a 90 [620]	2	1	50.8	25.4
90 [620] y mayor	02/01/2002	01/01/2004	63.5	31.8

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Figura 19. Ensayo alternativo de doblado guiado con rodillos con matriz con expulsión de descarga por parte inferior.



Resistencia a la Fluencia del Metal Base Especificada o Real, ksi [MPa], ksi [MPa]	A	B	C	A	B	C
	pulg.	pulg.	pulg.	mm	mm	mm
50 [345] y menor	01/01/2002	03-abr	02/03/2008	38.1	19.0	60.3
mayor a 50 [345] a 90 [620]	2	1	02/07/2008	50.8	25.4	73.0
90 [620] y mayor	02/01/2002	01/01/2004	03/03/2008	63.5	31.8	85.7

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Especímenes de doblado longitudinal.* Cuando las combinaciones de materiales difieren marcadamente en las propiedades de doblado mecánico, como entre dos materiales base o entre metal de soldadura y el metal base, los ensayos de doblado longitudinal (cara y raíz) pueden usarse en lugar de los ensayos de doblado transversal de cara y de raíz. Los cupones de ensayo soldados en conformidad con 3.2.6.2 deben tener los especímenes de ensayo preparado mediante el corte de la placa de ensayo como se muestra en la figura 11 o 12, la que sea aplicable. Los especímenes de ensayo para el ensayo de doblado longitudinal deben ser preparados como se muestra en la figura 13.
- *Criterios de aceptación para ensayos de doblado.* La superficie convexa del espécimen de ensayo de doblado debe ser examinado visualmente para discontinuidades en la superficie. Para su aceptación, la superficie no debe tener discontinuidades que excedan las siguientes dimensiones:
1/8 pulg. [3 mm] medida en cualquier dirección de la superficie.
3/8 pulg. [10 mm] la suma de las dimensiones más grandes de todas las discontinuidades que excedan 1/32 pulg. [1 mm] pero menores o iguales a 1/8 pulg. [3 mm].

1/4 pulg. [6 mm] la máxima fisura de esquina, excepto cuando esa fisura de esquina resulte de una inclusión de escoria visible u otra discontinuidad de tipo fusión, entonces debe aplicarse un máximo de 1/8 pulg [3 mm]. Los especímenes con fisura de esquina que exceden 1/4 pulg. [6 mm] sin evidencia de inclusiones de escoria u otra discontinuidad de tipo fusión deben ser descartados, y se debe ensayar un espécimen de reemplazo de la soldadura original.

- *Especímenes de tracción de sección reducida.* (Ver la figura 15). Antes del ensayo, deben medirse en ancho menor y el espesor correspondiente de la sección reducida. El espécimen debe romperse bajo la carga de tracción, y debe determinarse la carga máxima. El área transversal debe obtenerse multiplicando el ancho por el espesor. La resistencia a la tracción debe obtenerse dividiendo la carga máxima por el área transversal.
- *Criterios de aceptación para ensayo de tracción de sección reducida.* La resistencia a la tracción no debe ser menor que el valor mínimo del rango de tracción especificado del metal base utilizado.
- *Especímenes de tracción de metal de soldadura.* (Ver la figura 16). El espécimen de ensayo debe ensayarse en conformidad con ASTM A 370, *Mechanical Testing of Steel Products*.

3.2.6.4 *Ensayo de macro-ataque.* Las probetas de soldadura deben prepararse con un acabado adecuado para el examen de macro-ataque. Debe utilizarse una solución adecuada para que el ataque de una clara definición de la soldadura.

- *Criterios de aceptación para ensayo de macro-ataque.* Para una calificación aceptable la probeta de ensayo, cuando se inspecciona visualmente, debe cumplir con los siguientes requerimientos:
Soldaduras de canal PJ; el tamaño real de la soldadura debe ser igual o mayor al tamaño de soldadura especificado.
Las soldaduras de filete deben tener fusión a la raíz de la junta, pero no necesariamente más allá.
El tamaño mínimo de la pierna debe cumplir con el tamaño de soldadura de filete especificado.

Las soldaduras de canal PJP y las soldaduras de filete deben tener lo siguiente:

- Ninguna fisura
- Fusión completa entre capas adyacentes de metal de soldadura y entre metal de soldadura y metal base.
- Perfiles de soldadura en conformidad con el detalle especificado, pero con ninguna de las variaciones prohibidas en 5.24 *Perfiles de Soldadura del Código AWS D1.1/D1.1M:2010*.
- Ninguna socavación que exceda 1/32 pulg [1 mm].

3.2.6.5 Repetición del ensayo. Si algún espécimen de todos los ensayados falla en cumplir con los requerimientos de ensayo pueden realizarse dos repeticiones de ensayo para ese tipo particular de espécimen, con especímenes cortados del mismo material de calificación WPS. Los resultados de ambos especímenes de ensayo deben cumplir con los requerimientos de ensayo. Para materiales de más de 1-1/2 pulg. [38 mm] de espesor, la falla de un espécimen debe requerir en ensayo de todos los especímenes del mismo tipo de dos ubicaciones adicionales en el material de ensayo.

3.2.7 Soldaduras de canal CJP para conexiones no tubulares. Ver la tabla 6 para los requerimientos para calificar un WPS de una soldadura CJP en conexiones no tubulares. Ver las figuras 10 a la 12 para la placa de ensayo apropiada.

3.2.7.1 Juntas de esquina o juntas T. Las probetas para soldadura de canal en juntas de esquina o en juntas T deben ser juntas a tope que tengan la misma configuración de canal que la junta de esquina o en T a ser usada en construcción, excepto que la profundidad del canal no necesite ser mayor a 1pulg. [25 mm].

3.2.8 Soldaduras de canal PJP para conexiones no tubulares

3.2.8.1 Tipo y número de probetas a ser ensayadas. El tipo y número de probetas que deben ensayarse para calificar un WPS se muestran en la tabla 7. Debe hacerse una

soldadura de muestra utilizando el tipo de diseño de canal y WPS a ser usado en la construcción, excepto que la profundidad del canal no necesita ser mayor que 1 pulg [25 mm]. Para el ensayo de macro-ataque requerido más adelante, cualquier acero de los grupos I II y III de la tabla 4 puede usarse para calificar el tamaño de la soldadura en cualquiera de los aceros o combinaciones de aceros en esos grupos. Si la soldadura de canal PJP se va a utilizar en una junta de esquina o en juntas T, la unión a tope debe tener una placa restrictiva temporal en el plano de la cara cuadrada para simular la configuración de la junta en T. Las soldaduras de muestra deben ser ensayadas como sigue.

3.2.8.2 *Verificación del tamaño de la soldadura por macro-ataque.* Para los WPSs que están en conformidad en todos los aspectos del presente capítulo, deben prepararse tres probetas transversales de macro-ataque para demostrar que se cumple con el tamaño de soldadura designado (obtenido de los requerimientos WPS).

3.2.8.3 *Verificación de un WPS de canal CJP por macro-ataque.* Cuando un WPS ha sido calificado para una soldadura de canal CJP y es aplicado a las condiciones de soldadura de una soldadura de canal PJP, deben requerirse tres probetas de ensayos transversales de macro-ataque para demostrar que el tamaño de soldadura especificado debe ser igual o mayor.

3.2.8.4 *Otras verificaciones de WPS por macro-ataque.* Si un WPS no es cubierto por 3.2.8.2 ni 3.2.8.3 o si las condiciones de soldadura no cumplen con un estatus precalificado, o si estos no han sido usados y probados para una soldadura CJP en una junta a tope, entonces debe prepararse una junta de muestra y la primera operación debe ser la creación de un espécimen de ensayo de macro-ataque para determinar el tamaño de soldadura de la junta. Luego, el exceso del material debe ser removido por maquinado en el lado inferior de la junta al espesor del tamaño de la soldadura. Deben prepararse probetas de tracción y doblado y realizarse los ensayos, como se requiera para las soldaduras de canal CJP (ver 3.2.6).

3.2.8.5 *Soldaduras de canal curvo.* Los tamaños efectivos de soldadura para soldaduras de canal curvo calificadas deben determinarse por lo siguiente:

- Las secciones de ensayo deben usarse para verificar que el tamaño de soldadura efectivo se obtenga consistentemente.
- Para una serie de condiciones WPS dadas, si el contratista ha demostrado una producción consistente de tamaños de soldadura efectivos más grandes que los mostrados en:

Tamaño efectivo de soldadura de canal curvo relleno a ras:

SMAW y FCAW-S	5/16 R (CCS)	5/8 R (CCV)
GMAW ^a y FCAW-G	5/8 R (CCS)	3/4 R (CCV)
SAW	5/16 R (CCS)	1/2 R (CCV)

El contratista puede establecer dichos tamaños de soldadura efectivos más grandes por calificación.

- La calificación requerida por (2) debe consistir de seccionar el miembro radiado, normal a su eje, a una longitud medida y los extremos de la soldadura, dicho seccionado debe hacerse en un número de combinaciones de tamaños de material representativo del rango usado por el contratista en la construcción.

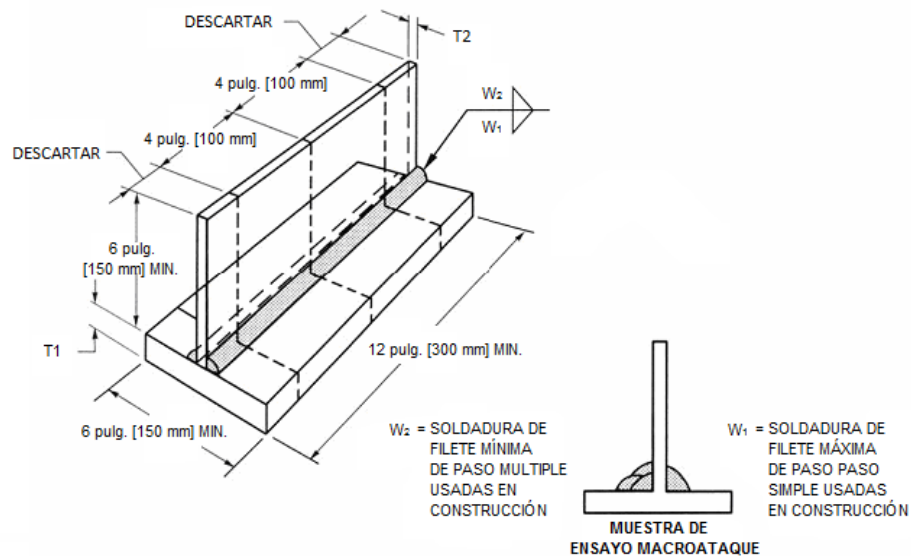
3.2.9 *Soldaduras de filete para conexiones tubulares y no tubulares*

3.2.9.1 *Tipo y número de probetas.* A excepción de lo permitido en otra parte de este capítulo, el tipo y número de probetas que deben ser ensayadas para calificar un WPS de soldadura de filete de un solo pase y/o soldadura de filete de múltiples pases se muestran en la tabla 8. Los ensayos para calificar pueden ser para soldaduras de filete de un solo pase o para soldaduras de filete de múltiples pases o ambas.

3.2.9.2 *Ensayo de soldadura de filete.* Una junta en T soldada a filete, como se muestra en la figura 20 para placas o en la figura 21 para tubería (detalle A o detalle B), debe hacerse para cada WPS y posición que se utilizará en la construcción, se requieren que se hagan ensayos para la soldadura de filete un solo pase de tamaño máximo y para la soldadura de filete de múltiples pases de tamaño mínimo usadas en la construcción. Estos dos ensayos de soldadura de filete pueden combinarse en un solo ensamble soldado o montaje de ensayo o calificadas de forma individual como calificaciones por separado.

Cada soldadura debe cortarse perpendicular a la dirección de la soldadura en las ubicaciones mostradas en la figura 20 o 21, según aplique. Las probetas que representan una cara de cada corte deben constituir una probeta de ensayo de macro-ataque y ponerse a ensayo en conformidad con 3.2.6.4.

Figura 20. Ensayos de sanidad de soldaduras de filete para calificaciones WPS.

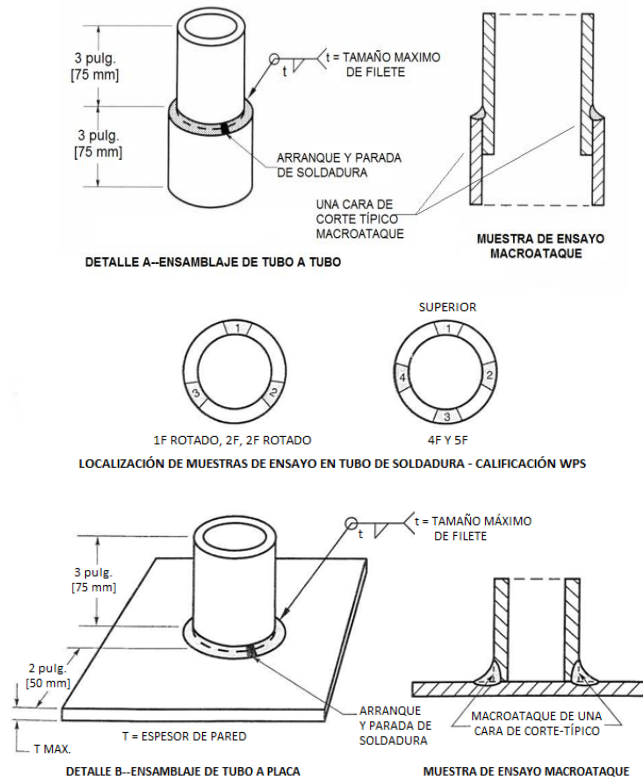


PULGADAS			MILÍMETROS		
Tamaño de Soldadura	T1 min.	T2 min.	Tamaño de Soldadura	T1 min.	T2 min.
01-ago	01-abr	mar-16	3	6	5
mar-16	01-feb	mar-16	5	12	5
01-abr	03-abr	01-abr	6	20	6
may-16	1	may-16	8	25	8
03-ago	1	03-ago	10	25	10
01-feb	1	01-feb	12	25	12
05-ago	1	05-ago	16	25	16
03-abr	1	03-abr	20	25	20
>3/4	1	1	> 20	25	25

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Nota: Cuando el espesor mínimo de la placa usada en la producción es menor que el valor mostrado, el máximo espesor de las piezas en producción puede ser sustituido por T1 o T2.

Figura 21. Ensayos de solidez de soldaduras de tubo con filete para calificaciones WPS.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

1. Ver tabla 4.1 para requerimientos de posición.
2. El tubo debe ser del espesor suficiente para prevenir que el sobre fundido durante la soldadura.
3. Todas las dimensiones son las mínimas.

Ver tabla 4.1 para requerimientos de posición.

El tubo debe ser del espesor suficiente para prevenir que el sobre fundido durante la soldadura.

3.2.9.3 Ensayo de verificación de consumibles. Si tanto el consumible de soldadura propuesto como el WPS propuesto para soldar la placa o tubería de ensayo de la soldadura de filete descrita en 3.2.9.2 no están precalificados ni calificados por este capítulo, es decir:

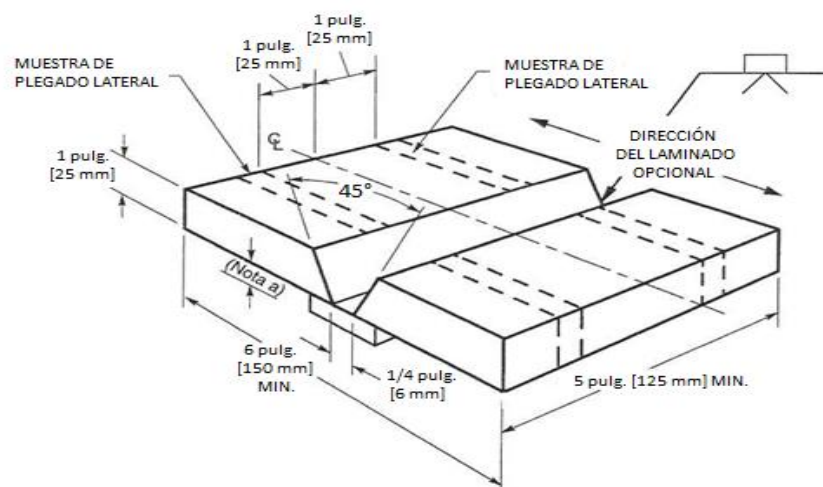
- Si los consumibles de soldadura utilizados no están en conformidad con las disposiciones precalificadas de la sección 3 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010, y también
- Si el WPS que utiliza el consumible propuesto no ha sido establecido por el Contratista en conformidad con 3.2.7 o 3.2.8, entonces una placa de ensayo de soldadura de canal CJP debe soldarse para calificar la combinación propuesta.

La placa de ensayo debe soldarse como sigue:

- La placa de ensayo debe tener la configuración de canal mostrada en la figura 22 (figura 23 para SAW), con respaldo de acero.
- La placa debe soldarse en posición 1G (plana)
- La longitud de la placa debe ser la adecuada para proporcionar las probetas requeridas y orientadas como se muestra en la figura 24.
- Las condiciones de ensayo de soldadura de corriente, voltaje, velocidad de avance y flujo de gas deben aproximarse tan cercanamente como sea práctico a las que se usaran para hacer que la producción de soldaduras de filete.

Estas condiciones establecen el WPS a partir del cual, cuando se produzcan soldaduras de filete, serán medidos los cambios en las variables esenciales, en conformidad con 3.2.5.

Figura 22. Placa de ensayo para espesor ilimitado-calificación de soldador.



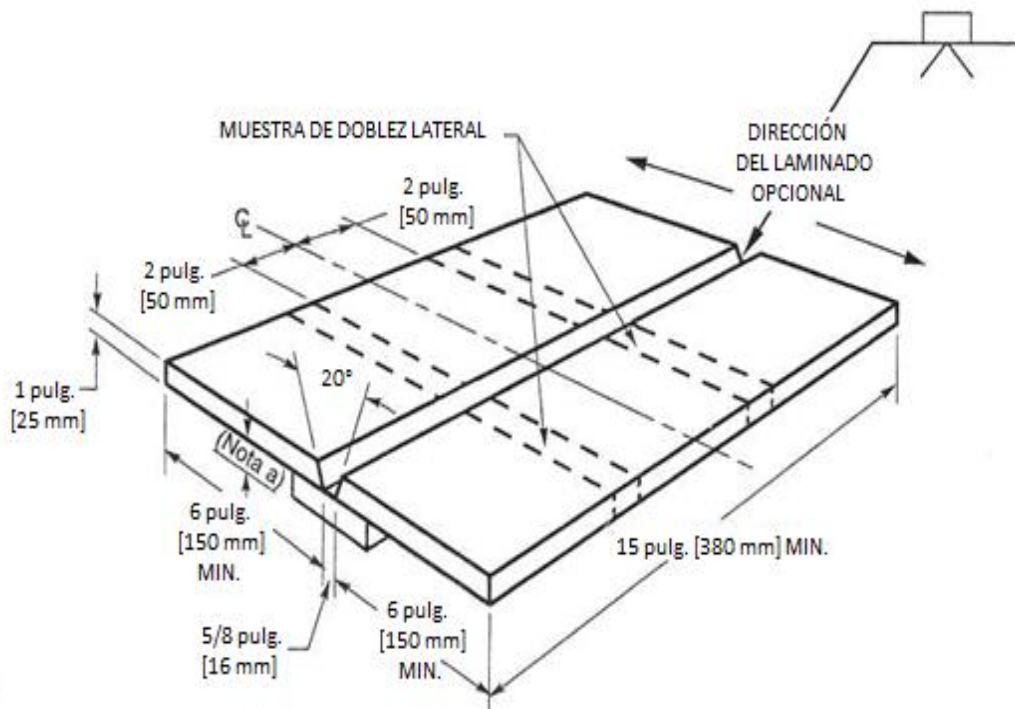
Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a El espesor de respaldo debe ser de 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo. El ancho del respaldo debe ser de 3 pulg. [75 mm] mínimo, cuando no se retira para RT, y si no de 1 pulg. [25 mm] mínimo.

Nota: Cuando se usa RT, no deben haber puntos de soldadura en el área de ensayo.

Figura 23. Placa de ensayo para espesor ilimitado-calificación de operador de soldaduras.

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

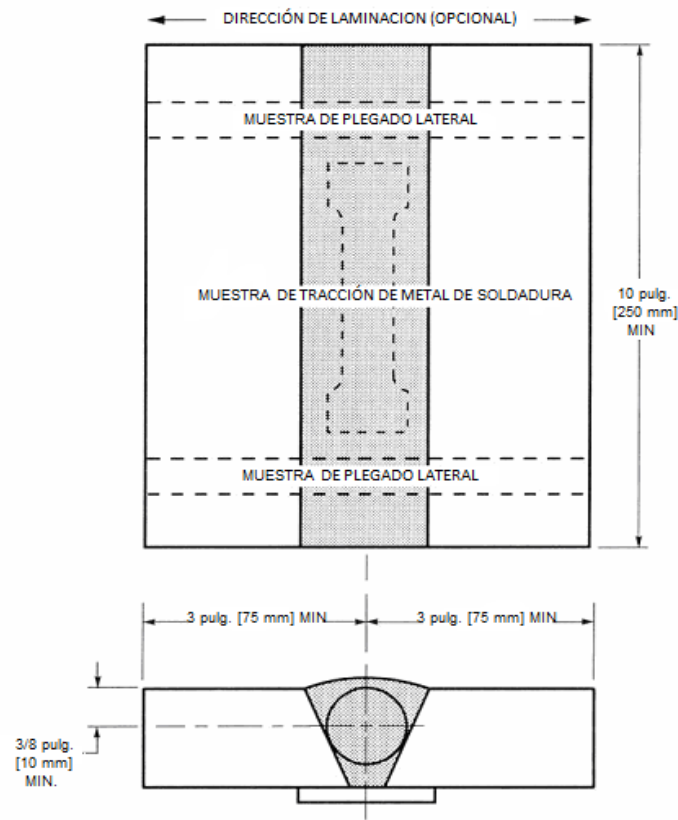


^a El espesor de respaldo debe ser de 3/8 pulg. [10 mm] mínimo hasta 1/2 pulg. [12 mm] máximo. El ancho del respaldo debe ser de 3 pulg. [75 mm] mínimo, cuando no se retira para RT, y si no de 1-1/2 pulg. [40 mm] mínimo.

Notas:

- Cuando se usa RT, no deben haber puntos de soldadura en el área de ensayo.
- La configuración de una junta calificada WPS se puede usar en conjunto con la configuración de canal que se muestra en esta figura.

Figura 24. Localización de muestras de ensayo en la placa soldada de ensayo de espesor 1 pulg. [25 mm]-verificación de consumibles para soldaduras de filete calificación WPS.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

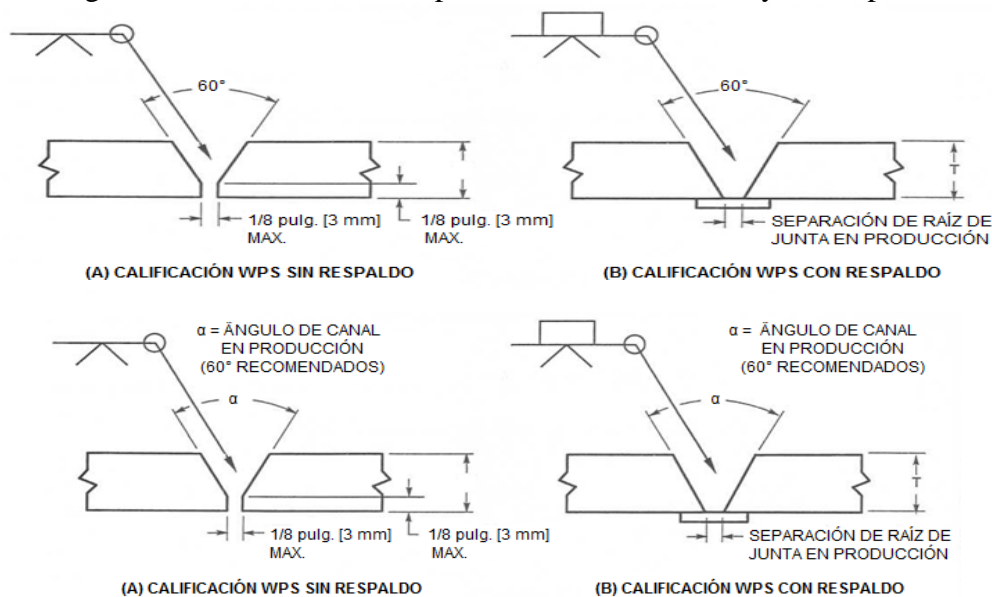
La placa de ensayo debe ensayarse como sigue:

- Dos probetas de doblado de lado (figura 14) y una probeta de tracción de metal de soldadura (figura 16) deben ser removidas de la placa de ensayo, como se muestra en la figura 24.
- Las probetas de doblado deben ser ensayadas en conformidad con 3.2.6.3 (Especímenes para doblado de raíz, cara y lado), los resultados del ensayo deben estar en conformidad con requerimientos de 3.2.6.3 (Criterios de aceptación para ensayos de doblado).
- La probeta de tracción debe ser ensayada en conformidad con 3.2.6.3 (Especímen de tracción de metal de soldadura). El resultado del ensayo debe determinar el nivel de resistencia para el consumible de soldadura, que debe estar en conformidad con los requerimientos de los esfuerzos permisibles del código AWS D1.1/D1.1M:2010, del nivel de resistencia del metal base que está siendo soldado.

3.2.10 Soldaduras de canal CJP para conexiones tubulares. Las soldaduras de canal CJP deben clasificarse como sigue:

3.2.10.1 Juntas a tope CJP con respaldo o saneado de la raíz. Un WPS con respaldo o saneado de la raíz debe ser calificado usando el detalle mostrado en la figura 25 (A) (con saneado de la raíz) o la figura 25 (B) (con respaldo).

Figura 25. Junta tubular de tope-calificación WPS con y sin respaldo.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Nota: T = Calificación para el espesor de pared de tubo tubular o cuadrado.

3.2.10.2 Juntas a tope CJP sin respaldo soldadas por un solo lado. Un WPS sin respaldo soldado solamente por un lado debe ser calificado usando el detalle de la junta mostrado en la figura 25 (A).

3.2.10.3 Conexiones T-, Y o K- con respaldo o saneado de la raíz. Un WPS para conexiones T-, Y o K- tubulares con respaldo o saneado de la raíz debe calificarse usando:

- El OD nominal apropiado de la tubería seleccionada de la tabla 3 (2), y
- El detalle de junta de la figura 25 (B), o

- Para OD nominales de tuberías iguales o mayores a 24 pulg. [600 mm], una calificación de la placa, en conformidad con 3.2.6 utilizando el detalle de junta de la figura 25 (B).

3.2.10.4 Conexiones T-, Y o K- sin respaldo soldadas solamente de un lado. Cuando la calificación es requerida, un WPS para conexiones T-, Y o K- sin respaldo soldadas solamente por un lado deben requerir lo siguiente:

- *WPSs sin estatus precalificado.* Para un WPS cuyas variables esenciales están fuera del rango precalificado, la calificación para la soldadura de canal tubular CJP debe requerir lo siguiente:

Calificación en conformidad con la figura 26 para tuberías con diámetros exteriores mayores o iguales a 4 pulg. [100 mm] o la figura 26 y la figura 27 para tuberías de cajón. Calificación en conformidad con la figura 28 para tuberías con diámetros exteriores menores de 4 pulg. [100 mm] o la figura 28 y la figura 27 para tuberías de cajón.

Una junta de muestra o maqueta tubular. La junta de muestra o maqueta tubular debe proporcionarse por lo menos una sesión de ensayo de macro-ataque para cada una de las siguientes condiciones:

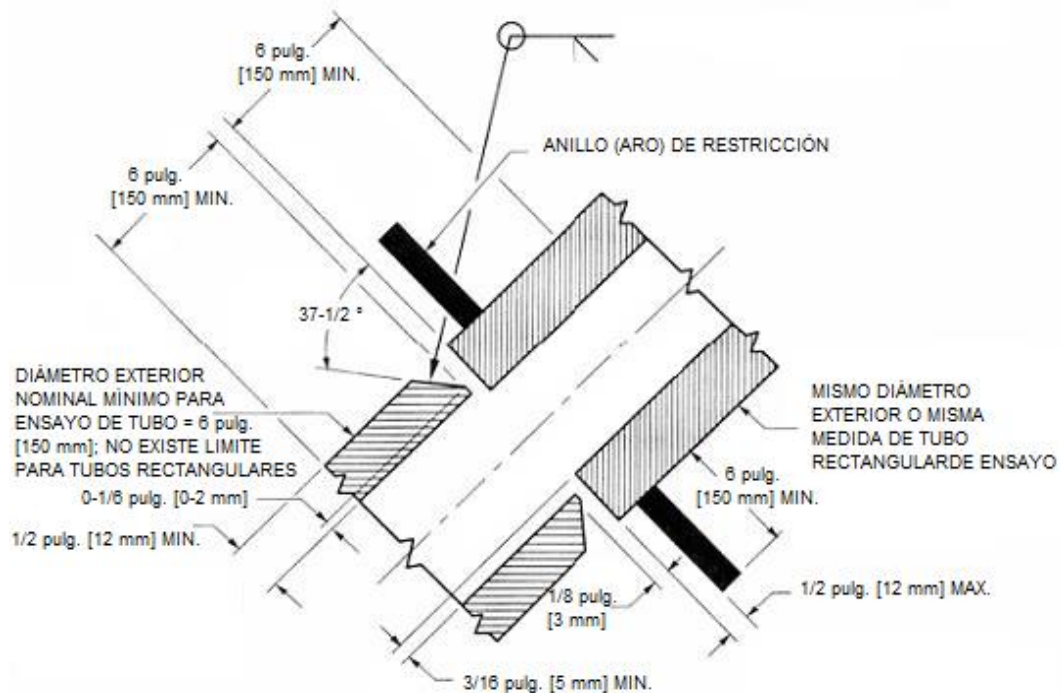
- El canal que combina la profundidad del canal más grande con el ángulo de canal más pequeño, o la combinación de los canales que se utilizarán: ensayo con soldadura en posición vertical.
- La abertura de raíz más angosta que se usará en un ángulo de canal de 37.5°: una prueba soldada en posición plana y una prueba soldada en posición sobre cabeza.
- La abertura de raíz más ancha que se usará con un ángulo de canal de 37.5°: una prueba que será soldada en posición plana y una prueba que será soldada en posición sobre cabeza.
- Solo para posiciones de cajón coincidentes, el mínimo ángulo de canal, la dimensión de la esquina y el radio de la esquina a ser usados en combinación: una prueba en posición horizontal.

Las probetas de macro-ataque requeridas en (1) y (2) deben examinarse para evaluar discontinuidades y deben tener:

- Ninguna fisura
- Fusión completa entre capas adyacentes de metal de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.
- Detalles de soldadura en conformidad al detalle especificado, pero con ninguna de las variaciones prohibidas en 5.24 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.
- Ninguna socavación que exceda los valores permitidos en la inspección visual.
- Para porosidad de 1/32 pulg. [1 mm] o mayor, la porosidad acumulada no debe exceder 1/4 pulg. [6 mm].
- Ninguna escoria acumulada, la suma de la dimensión más grande de la cual no debe exceder 1/4 pulg. [6 mm].

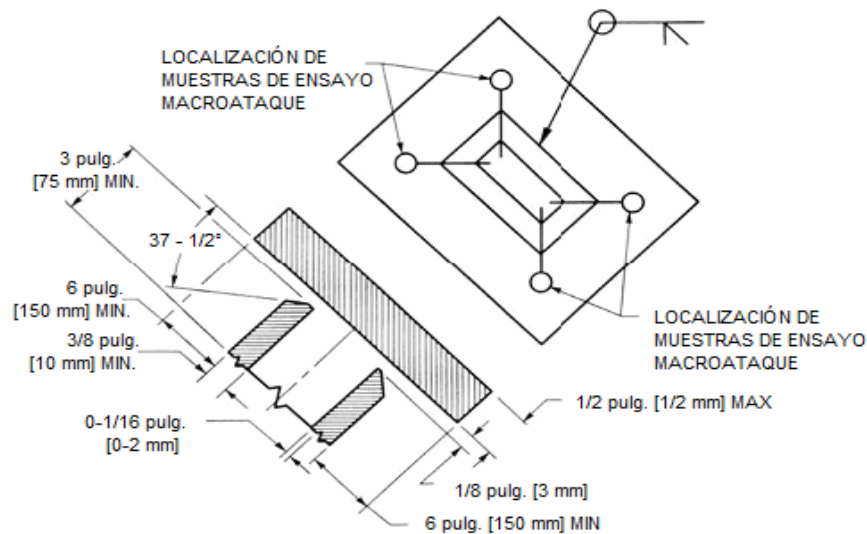
Aquellas probetas que no estén en conformidad con (a) hasta (f) deben considerarse inaceptables: de (b) a (f) no se aplica la soldadura de refuerzo.

Figura 26. Ensayo de junta para conexiones T-, Y- y K- sin respaldo en tuberías rectangulares o tubulares (≥ 6 pulg. [150 mm]-calificación de soldador y WPS.



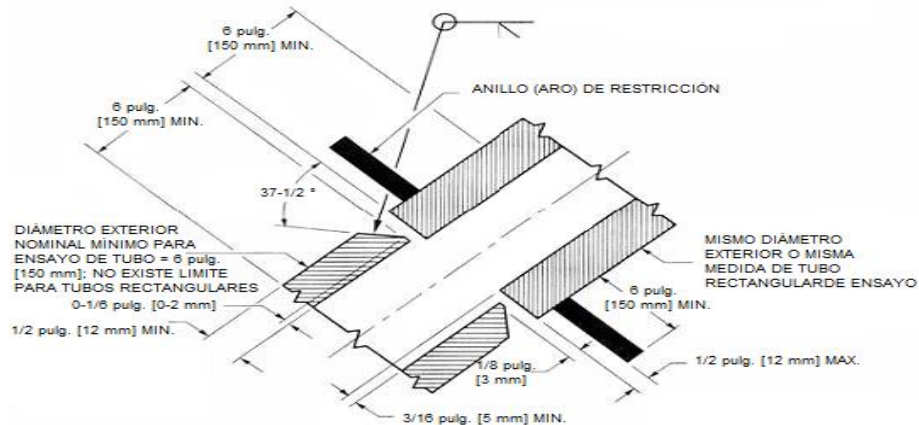
Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Figura 27. Ensayo de junta de esquina macro-ataque para conexiones T-, Y- y K- sin respaldo en tuberías rectangulares para soldaduras de canal CJP.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

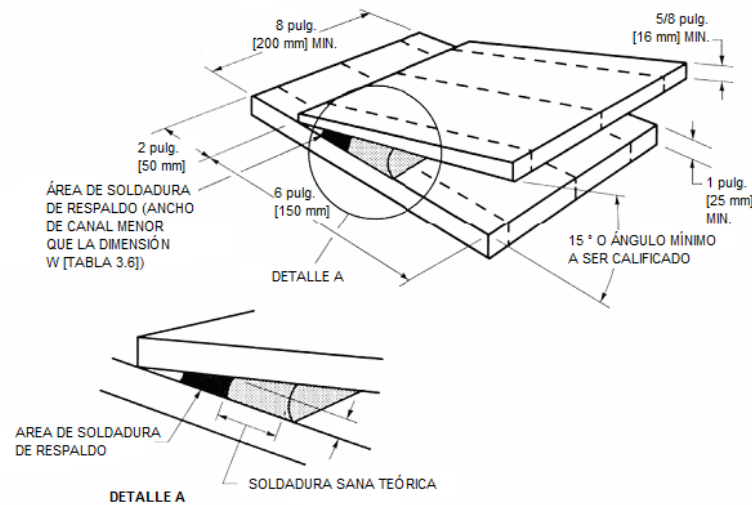
Figura 28. Ensayo de junta para conexiones T-, Y- y K- sin respaldo en tuberías rectangulares o tubulares (<4 pulg. [100 mm] de diámetro exterior)-calificación de soldador y WPS.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *WPS con soldaduras de canal CJP en una conexión T-, Y o K- con ángulos diedros menores de 30°. Debe requerirse la junta de muestra descrita en 3.2.10.4 (WPS sin estatus precalificado (2) (a)). Tres secciones para ensayo de macroataque que deben ser cortadas de los especímenes de ensayo, estar en conformidad con los requerimientos de 3.2.10.4 (WPS sin estatus precalificado (3)) y mostrar la soldadura teórica requerida (ver la figura 29 para detalles de la junta de ensayo).*

Figura 29. Ensayo de talón de ángulo agudo (las estricciones no están mostradas).



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *WPS con soldaduras de canal CJP en una conexión T-, Y o K- usando GMAW-S.* Para conexiones T-, Y o K-donde se utilizan la GMAW-S la calificación en conformidad con el presente capítulo debe de ser requerida previo a la soldadura de las configuraciones de juntas estándar detalladas en 3.13.5 del Código AWS D1.1/D1.12M:2010. La junta de ensayo debe incorporar un solo canal biselado de 37.5°, des alineamiento de raíz y aro de restricción como se muestra en la figura 26.
- *Soldaduras que requieren tenacidad CVN.* Los WPS para juntas a tope (cordones longitudinales o circunferenciales) dentro de 0.5 D de miembros de rama adjuntos, en juntas tipo – lata de conexión tubular que requieren de ensayo CVN bajo 2.27.2.2 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

Deben demostrar una energía adsorbida CVN en el metal de soldadura 20 ft.lb [27J] a LAST (temperatura de servicio anticipado más baja) o a 0° F [-18°C], la que sea más baja. Si las especificaciones de la AWS para los materiales de soldadura que se utilizarán no abarcan este requerimiento, o si la soldadura de producción está fuera del rango cubierto por ensayos previos, e.g. los ensayos de la AWS para las especificaciones del metal de aporte, entonces los ensayos de metal de soldadura CVN deben hacerse durante la calificación del WPS, como se describe en 3.4.

3.2.11 *Conexiones tubulares T-, Y- o K- PJP y junta de tope.* Cuando se especifican las soldaduras de canal PJP en conexiones T-, Y o K-o en soldaduras a tope, la calificación debe de estar en conformidad con la tabla 7.

3.2.12 *Soldaduras de tapón o de ojal para conexiones tubulares y no tubulares.* Cuando se especifican soldaduras de canal de tapón y de ojal, la calificación WPS debe ser en conformidad con 3.3.12.

3.2.13 *procesos de soldadura que requieren calificación.*

3.2.13.1 *ESW, EGW, GTAW y GMAW-S.* Pueden usarse, siempre que los WPS sean calificados en conformidad con los requerimientos del presente capítulo. Tome en cuenta que las limitaciones de la variable esencial de la tabla 9 para GMAW también aplican para GMAW-S.

3.2.13.2 *Otros procesos de soldadura.* Otros procesos de soldadura no enlistados en 3.2.13.1 pueden utilizarse siempre que los WPS sean calificados mediante ensayos. La limitación de las variables esenciales aplicable a cada proceso de soldadura debe ser establecida por el contratista que desarrolla el WPS y aprobada por el Ingeniero. Los rangos de la variable esencial deben estar basados en evidencias documentadas de experiencia con el proceso, o debe conducirse una serie de ensayos para establecer los límites de la variable esencial. Cualquier cambio en las variables esenciales fuera del rango establecido deben requerir de una recalificación.

3.2.14 *Requerimiento de WPS (GTAW).* Antes de su uso, el contratista debe preparar un (os) WPS (s) y calificar cada una en conformidad con los requerimientos del presente capítulo.

3.2.15 *Requerimientos de WPS (ESW/EGW).* Antes de su uso el contratista debe preparar y calificar cada WPS ESW o EGW para usarse en conformidad con los requerimientos de este capítulo. El WPS debe incluir los detalles de junta, el tipo y diámetro de metal de aporte, el amperaje, el voltaje (tipo y polaridad), la velocidad de avance vertical si no es una función automática de la longitud del arco o la tasa de

deposición, la oscilación (velocidad de desplazamiento, longitud y tiempo de espera), tipo de protección incluyendo el caudal de flujo y punto de condensación de gas o tipo de fundente, tipo de zapata de moldeo, PWHT si se utiliza, y otra información pertinente.

3.2.15.1 *Calificación previa.* Los WPS que han sido previamente calificados pueden utilizarse, siempre que exista la documentación propia y que el WPS sea aprobado por el ingeniero.

3.2.15.2 *Requerimientos para ensayo de tracción en el metal de soldadura.* Antes de su uso, el contratista debe de mostrar por medio del ensayo descrito en este capítulo, que cada combinación de protección y metal de aporte producirá metal de soldadura con las propiedades mecánicas especificadas en la edición más reciente de AWS A5.25, *Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electroslag Welding*, o en la edición más reciente de AWS A 5.26, *Specification for Carbon and Low Alloy Steel Electrodes and Fluxes for Electrogas Welding*, según aplique, cuando sean soldados en conformidad con el WPS.

3.3 Calificación del desempeño

3.3.1 *General.* Los ensayos de calificación del desempeño requeridos por este código son ensayos concebidos específicamente para determinar la habilidad de un soldador, operador de soldadura o apuntalador para producir soldaduras sanas. Los ensayos de calificación no pretenden usarse como guías para soldar o apuntalar durante la construcción real. La segunda debe realizarse en conformidad con un WPS.

3.3.1.1 *Posiciones de soldadura de producción calificadas*

- *Soldadores y operadores de soldadura.* Las posiciones de soldadura de producción calificadas para soldadores y operadores de soldadura deben estar en conformidad con la tabla 14.

Tabla 14. Calificación de soldador y operador-posiciones de soldaduras para la producción calificadas por ensayos en placa, tubo y tubo de sección rectangular.

Ensayo de Calificación			Soldadura de Chapa Calificada para Producción			Soldadura de Caño o Tubo Calificada para Producción					Soldadura de Tubo de Sección Rectangular Calificada para Producción					
	Tipo de Soldadura	Posiciones ^a	Bisel CJP	Bisel PJP	Filete	Bisel a Tope		Bisel T-, Y-, K-		Filete	Bisel a Tope		Bisel T-, Y-, K-		Filete	
						CJP	PJP	CJP	PJP		CJP	PJP	CJP	PJP		
P L A C A	Bisel ^b	1G	F	F	(F, H) ^h	F ^c	F ^c		F ^{c,e}	(F, H) ^h	F ^d	F		F ^e	(F, H) ^h	
		2G	F, H	F, H	(F, H) ^h	(F, H) ^c	(F, H) ^c		(F, H) ^{c,e}	(F, H) ^h	(F, H) ^d	F, H		(F, H) ^e	(F, H) ^h	
		3G	F, H, V	F, H, V	(F, H, V) ^h	(F, H, V) ^c	(F, H, V) ^c		(F, H, V) ^{c,e}	(F, H, V) ^h	(F, H, V) ^d	F, H, V		(F, H, V) ^e	(F, H, V) ^h	
		4G	F, OH	F, OH	(F, H, OH) ^h	(F, OH) ^c	(F, OH) ^c		(F, OH) ^{c,e}	(F, H, OH) ^h	(F, OH) ^d	F, OH		(F, OH) ^e	(F, H, OH) ^h	
		3G + 4G	Todas	Todas	Todas ^h	Todas ^c	Todas ^c		Todas ^{c,e}	Todas ^h	Todas ^d	Todas		Todas ^e	Todas ^h	
	Filete	1F			F ^h					F ^h					F ^h	
		2F			(F, H) ^h					(F, H) ^h					(F, H) ^h	
		3F			(F, H, V) ^h					(F, H, V) ^h					(F, H, V) ^h	
		4F			(F, H,OH) ^h					(F, H, OH) ^h					(F, H, OH) ^h	
		3F + 4F			Todas ^h					Todas ^h					Todas ^h	
	Botón y de Canal	Califican para Soldaduras de Tapón y de Ojal, Sólo con las Posiciones Ensayadas														
	T U B O L A R	Bisel ^b (Tubo Sección Circular y Tubo Sección Rectangular)	1G Rotado ⁱ	F	F	(F, H) ^h	F ^f	F ^f		F ^f	(F, H) ^h	F	F		F ^e	(F, H) ^h
			2G	F, H	F, H	(F, H) ^h	(F, H) ^f	(F,H) ^f		(F, H) ^{e,f}	(F, H) ^h	F, H	F, H		(F, H) ^e	(F, H) ^h
			5G	F, V, OH	F, V, OH	(F, V, OH) ^h	(F, V, OH) ^f	(F, V, OH) ^f		(F, V, OH) ^{e,f}	(F, V, OH) ^h	F, V, OH	F, V, OH		(F, V, OH) ^e	(F, V, OH) ^h
			6G	Todas	Todas	Todas ^h	Todas ^f	Todas ^f		Todas ^{e,f}	Todas ^h	Todas	Todas		Todas ^e	Todas ^h
(2G + 5G) ⁱ			Todas	Todas	Todas ^h	Todas ^f	Todas ^f	Todas ^{e,f}		Todas ^h	Todas	Todas	Todas ^e		Todas ^h	
6GR (Fig. 4.27)			Todas	Todas	Todas ^h	Todas ^{d,f}	Todas ^f	Todas ^{e,f}	Todas ^{e,f}	Todas ^h	Todas ^d	Todas	Todas ^{e,g}	Todas ^e	Todas ^h	
6GR (Fig. 4.27 & 4.29)		Todas	Todas	Todas ^h	Todas ^{d,f}	Todas ^f	Todas ^{e,f}	Todas ^{e,f}	Todas ^h	Todas ^d	Todas	Todas ^e		Todas ^h		
Filete en Caño o Tubo		1F Rotado			F ^h					F ^h						F ^h
		2F			(F, H) ^h					(F, H) ^h						(F, H) ^h
		2F Rotado			(F, H) ^h					(F, H) ^h						(F, H) ^h
		4F			(F, H, OH) ^h					(F, H, OH) ^h						(F, H, OH) ^h
		5F			Todas ^h					Todas ^h						Todas ^h

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

CJP—Junta de penetración completa; PJP—junta de penetración parcial

- ^a Ver figuras 3, 4, 5 y 6.
- ^b La calificación de soldadura con bisel también califica para soldaduras de tapones y de oiales para las posiciones de ensayo indicadas.
- ^c Calificada para caños o tubos mayores que 24 pulg. [600 mm] de diámetro con refuerzo, repelado de raíz o ambos.
- ^d .No calificado para juntas soldadas de un solo lado sin refuerzo o soldado de ambos lados sin repelado de raíz.
- ^e No calificado para soldaduras con ángulos de bisel menores que 30°
- ^f La calificación usando tubos de sección rectangular (figura 27) también califica soldadura de tubos de sección circular de diámetros mayores 24 pulg. [600 mm],
- ^g Para la calificación 6GR se requiere caño, tubo de sección circular o tubo de sección rectangular (figura 27) Si se usa tubo de sección rectangular de acuerdo con la figura 27, el macro-ataque deberá realizarse en las esquinas de la probeta de ensayo (similar a la figura 29).
- ^{h.....} Ver 25 y 28 para restricciones del ángulo de diedro para juntas de chapas y conexiones tubulares T-, Y- y K-.
- ⁱ La calificación para juntas soldadas de producción sin refuerzo deben requerir el uso de la figura 25(A) detalle de junta. Para para juntas soldadas de producción.
- ⁱ La calificación de operadores de soldadura para soldaduras con electroslag (ESW) o soldaduras con electrogas (EGW) solo aplican para la posición ensayada.
- *Apuntaladores.* Un apuntalador debe ser calificado por una placa de ensayo en cada posición en la que se vaya a realizar el apuntalado.

3.3.1.2 Espesores y diámetros de producción calificados

- *Soldadores u operadores de soldadura.* El rango de espesores y diámetros calificados de soldadura de producción para los cuales un soldador u operador de soldadura está calificado deben estar en conformidad con la tabla 15.

Tabla 15. Calificación de soldador y operador-número y tipo de especímenes de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado.

(1) Ensayo en Chapa			Números de Probetas ^a				Dimensiones Calificadas					
Soldaduras con Canal o en Tapón (Tapón) para la Producción			Dobla do de Cara ^b (Fig. 12)	Dob lado de Raíz ^b (Fig 12)	Doblado o Lateral ^b (Fig. 13)	Macro-Gráfia	Espesor Nominal de Chapa, Caño o Tubo Calificado, pulg.					
Tipo de Ensayo de Soldadura (Figuras Aplicables)	Espesor Nominal de Chapa de Ensayó, T, pulg.	Min.					Max.					
Canal (Fig. 31 o 32)	3/8	1	1	(Nota c)	—	1/8	3/4 max ^d					
Canal (Fig. 21, 22 - o 30)	3/8<T<1	—	—	2	—	1/8	2T max ^d					
Canal (Fig. 21, 22 f o 30)	1 o más	—	—	2	—	1/8	Ilimitado ^d					
Tapón (Fig. 38)	3/8	—	—	—	2	1/8	Ilimitado					
Soldaduras con Filete (Juntas T y Oblicuas) para la Producción			Números de Probetas ^a				Dimensiones Calificadas		Ángulos Diedro Calificados ^b			
Tipo de ensayo de Soldadura (Figuras Aplicables)	Espesor Nominal de Chapa de Ensayo, T, pulg.	Rotura del Filete Soldado	Macro-gráfia	Doblado o Lateral ^b	Doblado de Raíz ^b	Dobla do de Cara ^b	Espesor Nominal de Chapa, Caño o Tubo Calificado, pulg.					
							Min.	Max.	Min.	Max.		
de Canal (Fig. 31 o 32)	3/8	—	—	(Nota c)	1	1	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Canal (Fig. 31 o 32)	3/8 < T < 1	—	—	2	—	—	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Canal (Fig. 4.21, 22)	> 1	—	—	2	—	—	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Canal Opción 1 (Fig. 37)	1/2	1	1	—	—	—	1/8	Ilimitado	60°	135°		
Filete Opción 2 (Fig. 33)	3/8	—	—	—	2	—	1/8	Ilimitado	60°	135°		
Filete Opción 3 (Fig. 20)	> 1/8	—	1	—	—	—	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado		
(2) Ensayos en Caño o Tubo ^f			Números de Probetas ^a						Espesor Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Tamaño Nominal de Chapa, Cano o Tubo	
Uniones a Tope con Canal y CJP para la Producción			Solo Posiciones 1G y 2G			Solo Posiciones 5G, 6G y 6GR						
Tipo de Ensayo de Soldadura	Tamaño Nominal de Tubo para Ensayo, pulg.	Espesor Nominal de Ensayo, pulg.	Dobla do de Cara ^b	Dob lado de Raíz ^b	Doblado o Lateral ^b	Doblado de Cara ^b	Dobla do de Raíz ^b	Doblado o Lateral ^b	Min.	Max.	Min.	Max.
Canal	≤4	Ilimitad	1	1	(Nota c)	2	2	(Nota c)	3/4	4	1/8	¾
Canal	>4	≤3/8	1	1	(Nota c)	2	2	(Nota c)	(Nota e)	Ilimitado	1/8	¾
Canal	>4	>3/8	—	—	2	—	—	4	(Nota e)	Ilimitado	3/16	Ilimitado

Tabla 15 (Continuación)

(2) Ensayos en Cano o Tubo ^f (Cont)			Números de Probetas ^a		Dimensiones Calificadas							
Uniones T, Y, o K con Canal y CJP para la Producción					Tamaño Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Espesor ^d Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Ángulos Diedro Calificados ^h			
Tipo de Ensayo de Soldadura	Tamaño Nominal del Tubo para Ensayo, pulg.	Espesor Nominal de Ensayo, pulg.	Doblado Lateral ⁶	Macrografía	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.		
Canal en Cano o Tubo Circular (Fig. 27)	≥ 6 O.D.	≥ ½	4	—	4	Ilimitado	3/16	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Canal en Cano o Tubo Circular (Fig. 28)	< 4 O.D.	≥ 0.203	Nota i	—	3/4r	<4	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Canal en Tubo Rectangular (Fig. 29)	Ilimitado	≥ ½	4	4	Ilimitado (Solo Rect.)	Ilimitado (Solo Rect.)	3/16	Ilimitado	30°	Ilimitado		
Uniones T, Y o K con Soldaduras de Filete para la			Números de Probetas ⁶				Dimensiones Calificadas					
Tipo de Ensayo de Soldadura	Tamaño Nominal del Tubo para Ensayo, D	Espesor Nominal de Ensayo, pulg.	Quiebre de Soldadura Filete	Macrografía	Doblado de Raíz ^b	Doblado de Cara ^b	Tamaño Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Espesor Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Ángulos de Diedro Calificados ^h	
							Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Posición 5G (Canal)	Ilimitado	≥ 1/8	—	—	2 (Nota c)	2 (Nota c)	(Nota e)	Ilimitado	01-ago (Notad)	Ilimitado (Notad)	30°	Ilimitado
Opción 1— Filete	—	≥ ½	1	1	—	—	24	Ilimitado	1/8	Ilimitado	60°	Ilimitado
Opción 2— Filete (Fig. 33) ^g	—	3/8	—	—	2	—	24	Ilimitado	1/8	Ilimitado	60°	Ilimitado
Opción 3— Filete (Fig. 20)	Ilimitado	≥ 1/8	—	1	—	—	D	Ilimitado	1/8	Ilimitado	30°	Ilimitado
(3) Ensayos para Soldadura con Electroescoria y Electrogas												
Soldaduras con Canal en Chapas para la Producción					Numero de Probetas ^a		Espesor Nominal de la Chapa Calificada, pulg.					
Tipo de Soldadura Ensayada		Espesor Nominal de la Chapa Ensayada, T, pulg.			Doblado Lateral ^b (ver Fig. 13)		Min.		Max.			
de Canal (Fig. 36)		< 1-1/2			2		1/8		T			
		1-1/2			2		1/8		Ilimitado			

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Todas las soldaduras deberán ser inspeccionadas visualmente. Se requiere para ensayo un caño o tubo (circular o rectangular) y chapa para cada posición ensayada, salvo que se diga lo contrario.

^b Puede realizarse un ensayo radiográfico de la chapa, caño o tubo (circular o rectangular) para ensayo, en lugar de los ensayos de doblado.

^c Para espesores de 3/8 pulg., un doblado lateral puede reemplazar al doblado de cara y otro para el de raíz.

^d Califica también para soldar con filete o PJP de cualquier tamaño o espesor enchapa, caño o tubo.

^e El mínimo tamaño de caño o tubo calificado deberá ser la mitad del diámetro de ensayo o 4 pulg., el que resulte mayor.

^f Ver tabla 4.8 para los detalles de canales apropiados.

^g Se requieren dos chapas, cada una según a los requerimientos de las probetas especificados. Una chapa deberá ser soldada en la posición 3F y la otra en posición 4F.

^h Para ángulos diedros < 30°.

ⁱ Dos doblados de raíz y dos doblados de cara.

Tabla 16. Calificación de soldador y operador-número y tipo de especímenes de ensayo y rango de espesor y diámetro calificado.

(1) Ensayo en Chapa		Números de Probetas ^a				Dimensiones Calificadas		Ángulos Diedro Calificados ^h		
Soldaduras con Canal o en Tapón (Tapón) para la Producción		Dobla -do de Cara ^b (Fig. 4.12)	Dobla do de Raíz ^b (Fig. 4.12)	Doblado o Lateral ^b (Fig. 4.13)	Macro- grafía	Espesor Nominal de Chapa, Caño o Tubo Calificado, pulg.				
Tipo de Ensayo de Soldadura (Figuras Aplicables)	Espesor Nominal de Chapa de Ensayo, T, pulg.					Min.	Max.			
Canal (Fig. 31 o 32)	10	1	1	(Nota c)	—	3	20 max ^d			
Canal (Fig. 21, 22)	10<T<25	—	—	2	—	3	2T max ^d			
Canal (Fig. 21, 22)	25 o más	—	—	2	—	3	Ilimitado ^d			
Tapón (Fig. 38)	10	—	—	—	2	3	Ilimitado			
Soldaduras con Filete (Juntas T y Oblicuas) para la Producción		Números de Probetas ^a					Dimensiones Calificadas		Ángulos Diedro Calificados ^h	
Tipo de Ensayo de Soldadura (Figuras Aplicables)	Espesor Nominal de Chapa de Ensayo, T, pulg.	Rotur a del Filete Solda do	Macro - grafía	Doblado o Lateral ^b	Doblado o de Raíz ^b	Dobla do de Cara ^b	Espesor Nominal de Chapa, Caño o Tubo Calificado, pulg.			
							Min.	Max.	Mi n.	Max.
Canal(Fig. 31,32)	10	—	—	(Nota c)	1	1	3	Ilimitad	30°	Ilimita
Canal (Fig. 31 o 32)	10<T <25	—	—	2	—	—	3	Ilimitad	30°	Ilimita
Canal (Fig. 21,22)	≥25	—	—	2	—	—	3	Ilimitado	30°	Ilimitado
Canal Opción 1 (Fig. 37)	12	1	1	—	—	—	3	Ilimitado	60°	135°

Tabla 16 (Continuación)

Filete Opción 2 (Fig. 33)			10	—		—	2	—	3	Ilimitad o	60°	135°
Filete Opción 3 (Fig. 20) [Cualquier diám. de tubo]			>3	—	1	—	—	—	3	Ilimitad o	30°	Ilimita do
(2) Ensayos en Cano o Tubo ^f			Números- de Probetas ^a						Espesor Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Tamaño Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.	
Uniones a Tope con Canal y CJP para la Producción			Solo Posiciones 1G y 2G			Solo Posiciones 5G, 6G y 6GR						
Tipo de Ensayo de Soldadur a	Tamaño Nominal de Tubo para Ensayo, pulg.	Espesor Nominal de Ensayo, pulg.	Dobla do de Cara ^b	Dobla do de Raíz ^b	Doblad o Lateral ^b	Doblad o de Cara ^b	Dobla do de Raíz ^b	Doblad o Lateral ^b	Min.	Max.	Mi n.	Max.
Canal	≤ 100	Ilimitado	1	1	(Nota c)	2	2	(Nota c)	20	100	3	20
Canal	>100	≤ 10	1	1	(Nota c)	2	2	(Nota c)	(Nota e)	Ilimitad	3	20
Canal	> 100	> 10	—	—	2	-	—	4	(Nota e)	Ilimitad	5	Ilimita
(2) Ensayos en Cano o Tubo ^f (Cont)				Números de Probetas ^a			Dimensiones Calificadas					
Uniones T, Y, o K con Canal y CJP para la Producción							Tamaño Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Espesor ^c Nominal de Chapa, Cano o		Ángulos Diedro Calificados ^g	
Tipo de Ensayo de Soldadura		Tamaño Nominal del Tubo para Ensayo, pulg.	Espesor Nominal de Ensayo, pulg.	Doblado Lateral ^b	Macro- grafía	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	
Canal en Cano o Tubo Circular (Fig. 27)		≥ 150 O.D.	≥ 12	4	—	100	Ilimitado	5	Ilimitado	30°	Ilimitado	
Canal en Cano o Tubo Circular (Fig. 28)		< 100 O.D.	≥ 5	Nota i	—	20	< 100	3	Ilimitado	30°	Ilimitado	
Canal en Tubo Rectangular (Fig. 29)		Ilimitado	≥ 12	4	4	Ilimitado (Solo Rect.)	Ilimitado (Solo Rect.)	5	Ilimitado	30°	Ilimitado	
Uniones T, Y o K con Soldaduras de Filete para la Producción			Números de Probetas ^a				Dimensiones Calificadas					
Tipo de Ensayo de Soldadura	Tamaño Nominal del Tubo para Ensayo, D	Espeso r Nomin al de Ensayo , pulg.	Queibr e de Solda- dura Filete	Macr o- gráfí a	Doblad o de Raíz ^b	Doblad o de Cara ^b	Tamaño Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Espesor Nominal de Chapa, Cano o Tubo Calificado, pulg.		Ángulos de Diedro Calificados ^g	
							Min.	Max.	Min.	Max.	Mi n.	Ma x
Posición 5G (Canal)	Ilimitado	≥ 3	—	—	2 (Nota c)	2 (Nota c)	(Nota e)	Ilimita do	1/8 (Notad)	Ilimitad o (Nota d)	30°	Ilimita do
Opción 1- Filete (Fig. 37) ⁸	—	≥ 12	1	1	—	—	600	Ilimita do	3	Ilimitad o	60°	Ilimita do
Opción 2- Filete (Fig. 33) ⁸	—	10	—	—	2	—	600	Ilimita do	3	Ilimitad o	60°	Ilimita do
(3) Ensayos para Soldadura con Electroescoria y Electrogas												
Soldaduras con Canal en Chapas para la Producción					Numero de Probetas ^a		Espesor Nominal de la Chapa Calificada, pulg.					
Tipo de Soldadura Ensayada		Espesor Nominal de la Chapa Ensayada, T, pulg.			Doblado Lateral ^b (ver Fig. 13)		Min.	Max.				
de Canal (Fig. 36)		< 38			2		3	T				
		38			2		3	Ilimitado				

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- ^a Todas las soldaduras deberán ser inspeccionadas visualmente. Se requiere para ensayo un caño o tubo (circular o rectangular) y chapa para cada posición ensayada, salvo que se diga lo contrario.
- ^b Puede realizarse un ensayo radiográfico de la chapa, caño o tubo (circular o rectangular) para ensayo, en lugar de los ensayos de doblado.
- ^c Para espesores de 10 mm, un doblado lateral puede reemplazar al doblado de cara y otro para el de raíz.
- ^d Califica también para soldar con filete o PJP de cualquier tamaño o espesor en chapa, caño o tubo.
- ^e El mínimo tamaño de caño o tubo calificado deberá ser la mitad del diámetro de ensayo o 100 mm, el que resulte mayor.
- ^f Ver tabla 8 para los detalles de canales apropiados.
- ^g Se requieren dos chapas, cada una según a los requerimientos de las probetas especificados. Una chapa deberá ser soldada en la posición 3F y la otra en la posición 4F.
- ^h Para ángulos diedros $< 30^\circ$.
- ⁱ Dos doblados de raíz y dos doblados de cara.
- *Apuntaladores.* La calificación del apuntalador debe calificar para espesores mayores o iguales a 1/8 pulg. [3 mm] y todos los diámetros tubulares.

3.3.1.3 *Calificación del soldador y operador de soldadura a través de calificación WPS.* Un soldador u operador de soldadura también puede ser calificado soldando una placa, tubo o tubería de ensayo de calificación WPS satisfactorio que cumpla con los requerimientos de 3.2.6. El soldador u operador de soldadura estará calificado en conformidad con 3.3.1.1 y 3.3.1.2.

3.3.2 *Tipos de ensayo de calificaciones requeridas.*

3.3.2.1 Soldadores y operadores de soldadura. El tipo y número de ensayo de calificación requeridos para los soldadores y operadores de soldadura deben estar en conformidad con la tabla 15. Los detalles de los requerimientos para los NDT individuales y los ensayos mecánicos, se encuentran en las siguientes subsecciones:

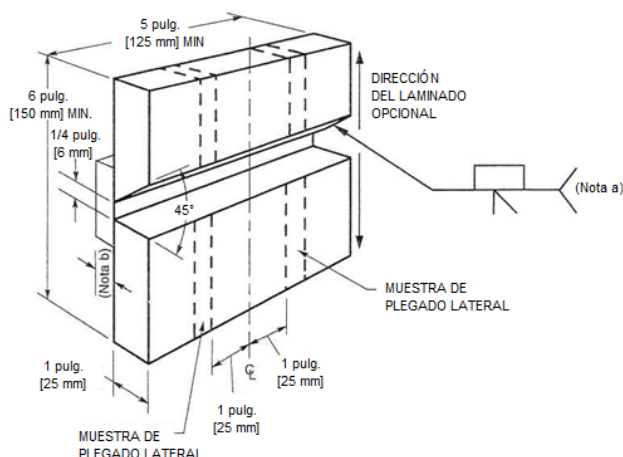
- Inspección visual (ver 3.2.6.1) (use los requerimientos WPS).
- Doblado de cara, raíz y lado (ver 3.2.6.3 Especímenes para doblado de raíz, cara y lado) (use los requerimientos WPS).
- Macro-ataque (ver 3.3.13.2).
- Fractura de soldadura de filete (3.3.13.4).

Sustitución de RT para ensayos de doblado guiados. A excepción de las juntas soldadas por GMAW-S, el examen radiográfico de una placa o tubería de ensayo de calificación de un soldador u operador de soldadura puede hacerse en lugar de los ensayos de doblado descritos en 3.3.2.1 (2) (ver 3.3.13.3 para requerimientos de RT).

En lugar de los ensayos mecánicos o RT de los cupones de calificación, un operador de soldadura puede ser calificado por RT de las 15 pulg. [380 mm] iniciales de una soldadura de canal de producción. El rango de espesor del material calificado debe ser aquel mostrado en la tabla 14.

Ensayos de doblado guiados. Las probetas de ensayos mecánicos deben prepararse cortando la placa, tubo o tubería de ensayo, como se muestra en las figuras 22, 30, 31, 32, 33 y 34. Para la calificación del soldador y las figuras 23, 33 o 35 para la calificación del operador de soldadura a que sea aplicable. Estas probetas deben ser aproximadamente rectangulares en secciones transversales y estar preparadas para el ensayo en conformidad con la figura 13, 14, 15 o 16, la que sea aplicable.

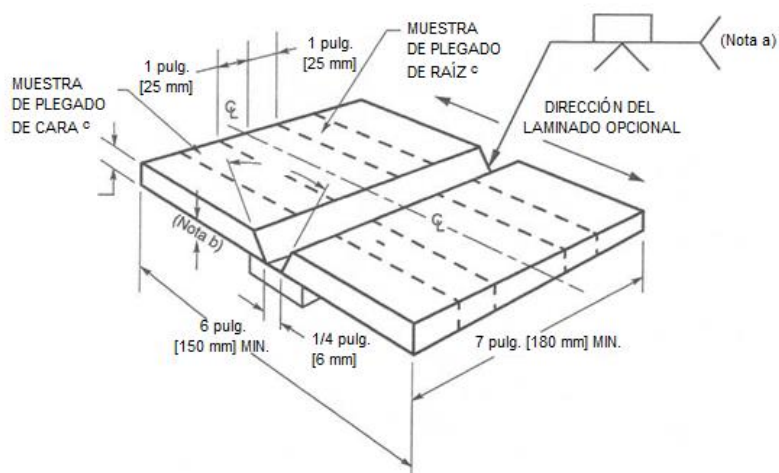
Figura 30. Ensayo de placa opcional con espesor ilimitado-posición horizontal-calificación de soldador.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- a Cuando no se usa RT, no debe haber soldaduras de punteado en el área de ensayo.
- b El espesor del respaldo debe ser 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo. El ancho del respaldo debe ser 3 pulg. [75 mm] mínimo cuando no se remueve para RT, en caso contrario 1 pulg. [25 mm] mínimo.

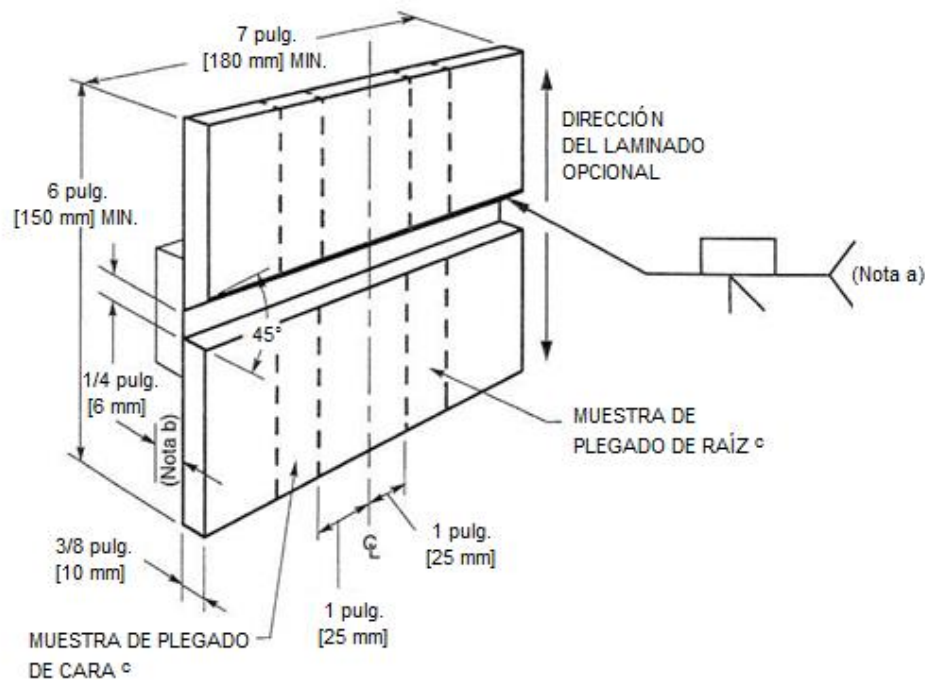
Figura 31. Ensayo de placa opcional con espesor ilimitado-todas las opciones-calificación de soldador.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- a Cuando no se usa RT, no debe haber soldaduras de punteado en el área de ensayo.
- b El espesor del respaldo debe ser 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo; el ancho del respaldo debe ser 3 pulg. [75 mm] mínimo cuando no se remueve para RT, en caso contrario 1 pulg. [25 mm] máximo.
- c Para placa de 3/8 pulg. [25 mm], la ensayo de doblado lateral puede ser sustituida por cada una de los ensayos de doblado de cara y raíz.

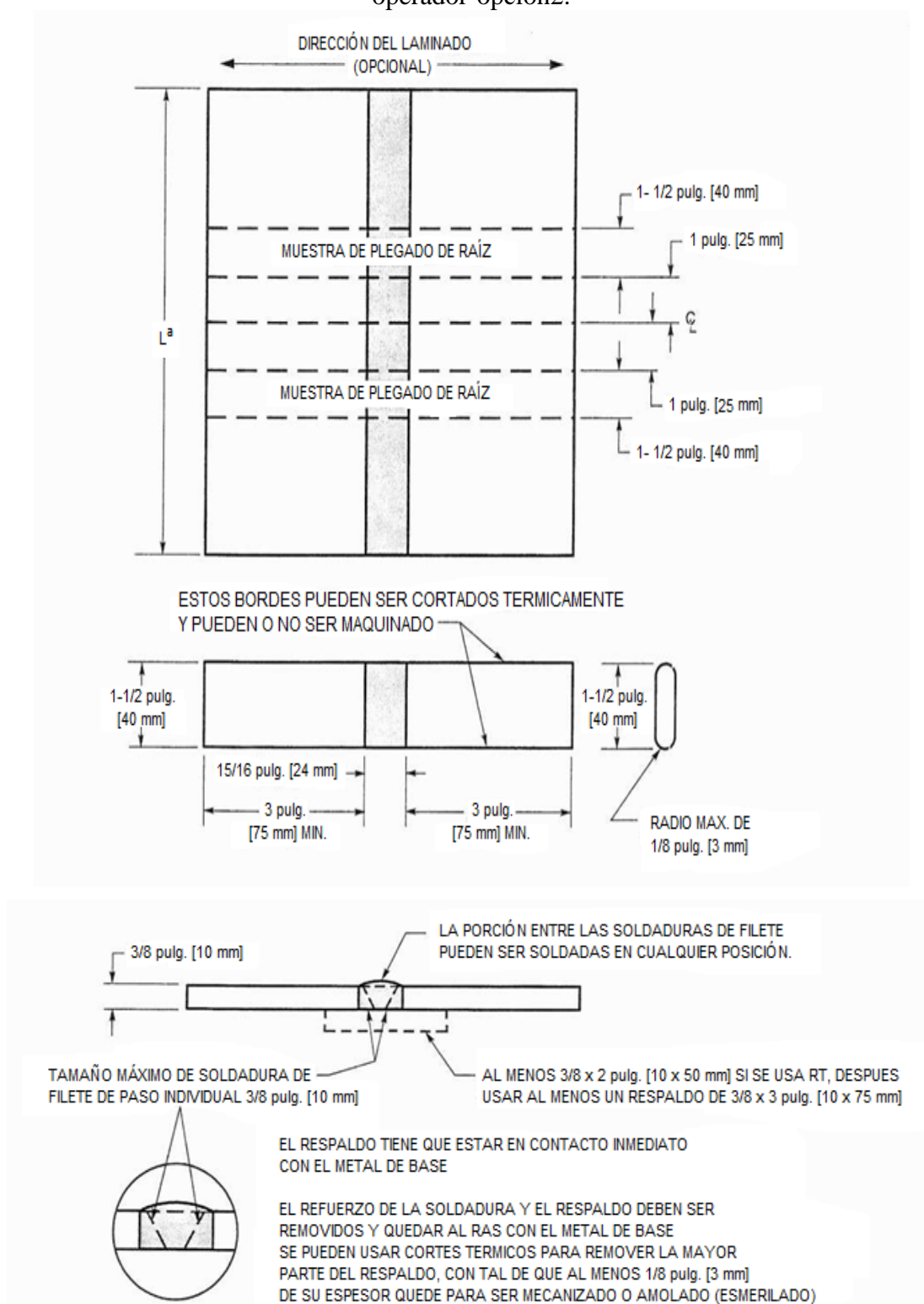
Figura 32. Ensayo de placa opcional con espesor limitado-posición horizontal-calificación de soldadura.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- a Cuando no se usa RT, no debe haber soldaduras de punteado en el área de ensayo.
- b El espesor del respaldo debe ser 1/4 pulg. [6 mm] mínimo hasta 3/8 pulg. [10 mm] máximo; el ancho del respaldo debe ser 3 pulg. [75 mm] mínimo cuando no se remueve para RT, en caso contrario 1 pulg. [25 mm] máximo.
- c Para la placa de 3/8 pulg. [25 mm], la ensayo de doblado lateral puede ser sustituida por cada una de los ensayos de doblado de cara y raíz.

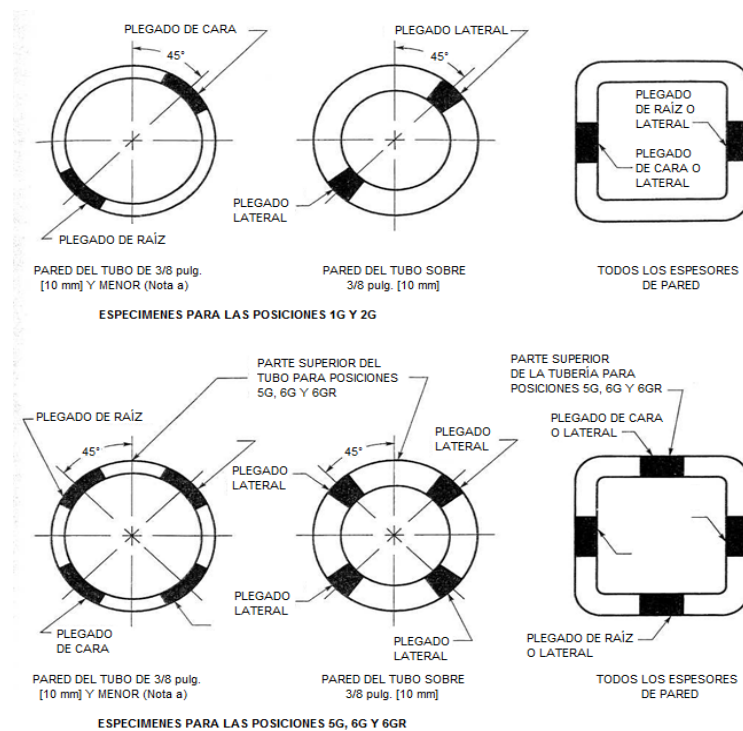
Figura 33. Ensayo de placa de doblado de soldadura de filete en raíz-soldador u operador-opción2.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a L = 7 pulg. [175 mm] min. (soldador), L = 15 pulg. [380 mm] min. (Operador).

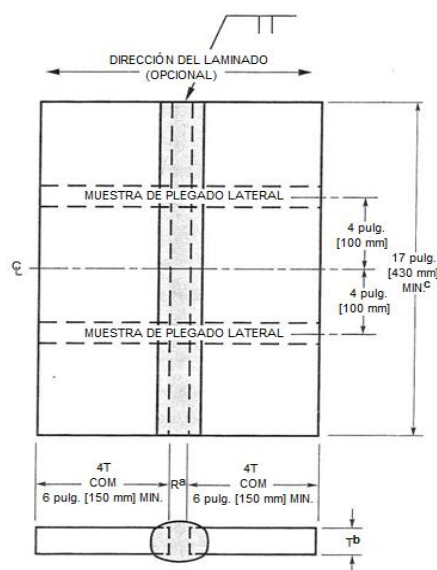
Figura 34. Localización de muestras de ensayo en tubos soldados tubulares o rectangulares-calificación de soldador.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- ^a Para espesores de pared de 3/8 pulg. [10 mm], un ensayo de doblado lateral puede ser sustituido por cada ensayo de doblado de cara y raíz requeridas.

Figura 35. Junto a Tope para la Calificación de Operador de Soldaduras-ESW y EGW.

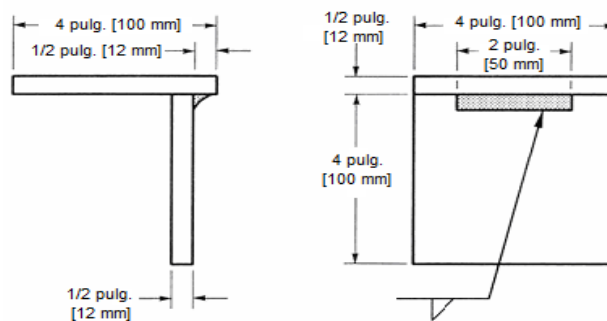


Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- ^a Separación de raíz “R” establecido por WPS.
- ^b T = Máximo de soldadura en construcción pero no necesita exceder a 1-1/2 pulg. [38 mm],
- ^c Las extensiones no se deben usar si la junta es de un largo suficiente para proporcionar 17 pulg. [430 mm] de soldadura sana.

3.3.2.2 Apuntaladores. El apuntalador debe hacer apuntalado de tamaño máximo de 1/4 pulg. [6 mm] de aproximadamente 2 pulg. [50 mm] de largo en la probeta de fractura de soldadura de filete como se muestra en la figura 36.

Figura 36. Muestras de quiebre de soldadura de filete-calificación de soldadura del apuntalador.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Alcance de la calificación.* Un apuntalador que pase el ensayo de fractura de soldadura de filete debe estar calificado para apuntalar en los tipos de junta (excepto soldaduras de canal CJP, soldadas de un lado sin respaldo; e.g. juntas a tope y conexiones T-, Y- y K-) para el proceso y en la posición en la cual el apuntalador está calificado. Los apuntalados en la excepción anterior deben de ser realizados por soldadores totalmente calificados para el proceso y en la posición en la que deben hacerse la soldadura.

3.3.3 Tipo de soldadura para la calificación del desempeño del soldador y el operador de soldadura. Para el propósito de la calificación del soldador y del operador de soldadura, los tipos de soldadura deben clasificarse como sigue:

- Soldaduras de canal CJP para conexiones no tubulares (ver 3.3.6).
- Soldaduras de canal PJP para conexiones no tubulares (ver 3.3.7).
- Soldaduras de filete para conexiones no tubulares (ver 3.3.8).
- Soldaduras de canal CJP para conexiones Tubulares (ver 3.3.9).
- Soldaduras de canal PJP para conexiones tubulares (ver 3.3.10).
- Soldaduras de filete para conexiones tubulares (ver 3.3.11).
- Soldaduras de tapón y de ojal para conexiones tubulares y no tubulares

3.3.4 Preparación de las planillas de desempeño. El personal de soldadura debe seguir un WPS aplicable al ensayo de calificación requerida. Deben aplicar todas las limitaciones de variable esencial WPS de 3.2.5, además de las variables esenciales de desempeño de 3.3.5. El registro de calificación de desempeño de soldadura (WPQR) debe servir como una verificación escrita y enlistar todas las variables esenciales aplicables de la tabla 16. En el anexo C se pueden encontrar planillas sugeridas.

Tabla 17. Cambios en las variables esenciales de calificación de habilidad del personal de soldadura que requieren recalificación.

Cambios en las Variables Esenciales del WPQR ² que Requieren Recalificación	Soldadores ^b	Operadores ^{b, c}	Soldadores Punteadores
(1) A un proceso no calificado (soldadura par arco eléctrico con protección gaseosa modo de transferencia corto circuito, GMAW-S es considerado un proceso separado)	X	X	X
(2) A un electrodo de soldadura manual con electrodo revestido (SMAW) con numero F (ver tabla 4.12) superior al correspondiente al RCHS	X		X
(3) A una posición no calificada	X	X	X
(4) A un diámetro o espesor no calificados	X	X	
(5) A una progresión de soldadura vertical no calificada (ascendente o descendente)	X		
(6) La omisión de refuerzo (si se usa en el ensayo de RCHS)	X	X	
(7) A electrodos múltiples (si se usó un único electrodo en el ensayo de RCHS) pero no en el caso inverso.		X ^a	

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a No aplicable para ESW o EGW.

^b Los soldadores calificados para SAW, GMAW, FCAW o GTAW deberán considerarse como operadores calificados en el (los) mismo(s) proceso(s), sujetos a las limitaciones de las variables esenciales del soldador.

^c Una soldadura de canal califica una soldadura de ojal para la posición del WPQR y los rangos de espesores mostrados en la tabla 4.11.

Notas:

Una “x” indica la aplicabilidad para el personal de soldadura; el área sombreada indica que no se aplica.

WPQR = Registro de calificación de habilidad en soldadura.

3.3.5 *Variables esenciales.* Los cambios más allá de la limitación de las variables esenciales para los soldadores, operadores de soldadura o apuntaladores mostrados en la tabla 16 deben requerir de una recalificación.

3.3.6 *Soldaduras de canal CJP para conexiones no tubulares.* Ver la tabla 14 para los requerimientos de posición para la calificación del soldador u operador de soldadura sobre conexiones no tubulares.

Tome en cuenta que la calificación en las juntas con refuerzo califica para juntas de soldadura producción a las que se les ha saneado la raíz y son soldadas del otro lado.

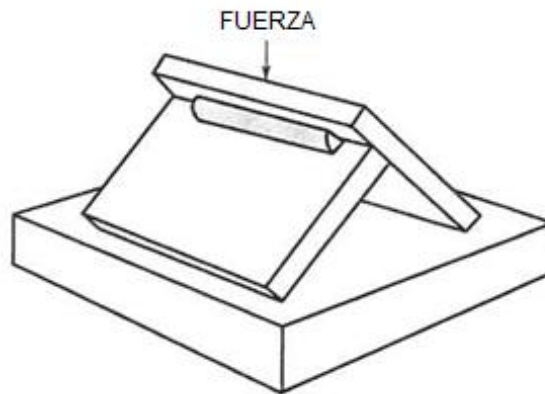
3.3.6.1 *Placas de calificación del soldador.* Los siguientes números de figuras aplican para los requerimientos de posición y espesor para los soldadores.

- Figura 22-Todas las posiciones-Espesor ilimitado
- Figura 30-Posición horizontal-Espesor ilimitado
- Figura 31-Todas las posiciones-Espesor limitado
- Figura 32-Posición horizontal-Espesor limitado

3.3.6.2 Placas de ensayo para la calificación del operador de soldadura.

- *Para soldaduras distintas a EGW, ESW y de tapón.* La placa de ensayo de calificación para un operador de soldadura que no utiliza soldaduras EGW, ESW o de tapón debe estar en conformidad a la figura 23. Esto debe calificar a un operador de soldadura para soldaduras de canal y de filete en materiales de espesor ilimitado para los procesos y posición evaluados.
- *Para ESW y EGW.* La placa de ensayo para la calificación de un operador de soldadura ESW o EGW debe consistir en soldar una junta del espesor máximo del material que se usará en la construcción, pero el espesor del material de la soldadura de ensayo no necesita exceder 1-1/2 pulg [38 mm] (ver la figura 37). Si se hace una soldadura de ensayo de 1-1/2 pulg [38 mm] de espesor, no es necesario hacer una prueba para un espesor menor. El ensayo debe calificar al operador de soldadura para soldaduras de canal y de filete en material de espesor ilimitado para este proceso y posición de ensayo.

Figura 37. Método de quiebre de muestra-calificación del apuntalador.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

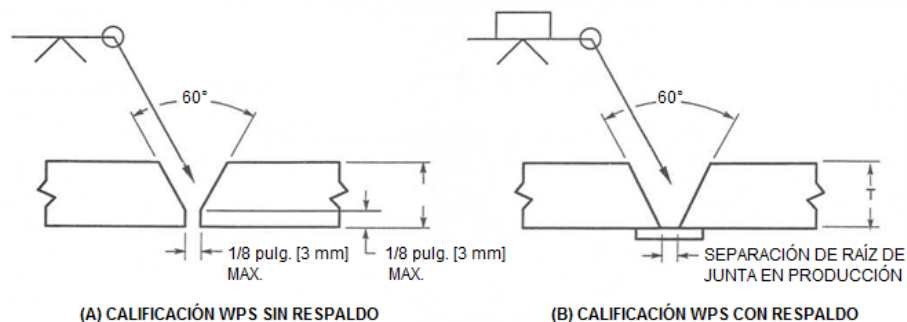
3.3.7 Soldaduras de canal PJP para conexiones no tubulares. La calificación para soldaduras de canal CJP debe calificar para todas las soldaduras de canal PJP.

3.3.8 Soldaduras de filete para conexiones no tubulares. La calificación para soldaduras de canal CJP debe calificarse para la soldadura de filete. Sin embargo, donde solo se requiere la calificación de soldadura de filete, ver la tabla 15.

3.3.9 Soldaduras de canal CJP para conexiones tubulares. Los ensayos de calificación del soldador u operador de soldadura deben utilizar los siguientes detalles:

- Juntas a tope de canal CJP con respaldo o saneado de raíz en tubería. Use la figura 38 (B).
- Juntas a tope de canal CJP sin respaldo o saneado de raíz. Use la figura 38 (A).
- Juntas a tope de canal CJP o conexiones T-, Y- y K- con respaldo en la tubería de cajón. Use la figura 38 (B) en tubería (de cualquier diámetro), placa o tubería de cajón.
- Conexiones T-, Y- y K- de canal CJP soldadas de un lado con respaldo en la tubería. Use la figura 38 (B) en la tubería del diámetro apropiado.
- Conexiones T-, Y- y K- de canal CJP soldadas de un lado sin respaldo en la tubería. Use la figura 26 para diámetro de tubería nominal de ≥ 6 pulg [150 mm] o la figura 28 para tubería nominal ≤ 4 pulg. [100 mm].
- Conexiones T-, Y- y K- de canal CJP soldadas de un lado sin respaldo o saneado de raíz en tubería de cajón. Las opciones son las siguientes:

Figura 38. Junta tubular de tope—calificación de soldador con y sin respaldo.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

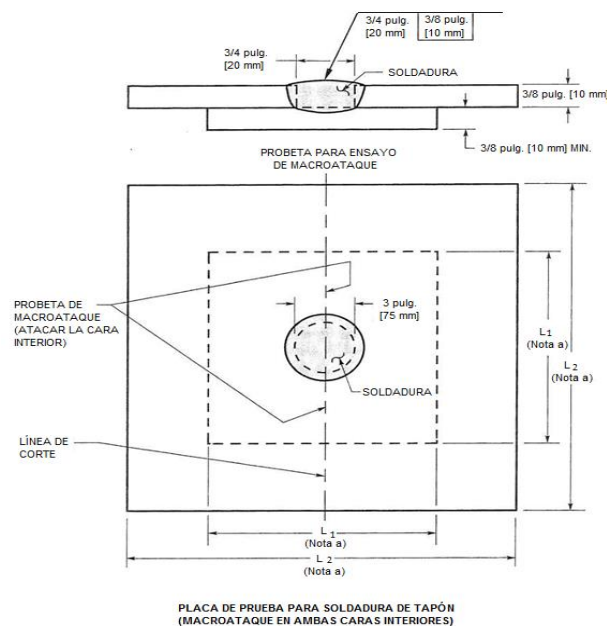
3.3.9.1 Otros detalles de junta o WPSs. Para detalle de junta, WPSs, o profundidad asumida de soldaduras sanas que son más difíciles que las descritas aquí, cada soldador debe realizar una prueba descrita en 3.2.10.4 (WPS con soldaduras de canal CJP en una conexión T-, Y- y K- con ángulos diedros menores de 30°), además de los ensayos 6GR (ver la figura 28 o 27) la posición del ensayo debe ser vertical.

3.3.10 Soldaduras de canal PJP para conexiones tubulares. La calificación para soldaduras de canal CJP en conexiones tubulares debe calificar para todas las soldaduras de canal PJP.

3.3.11 Soldaduras de filete para conexiones tubulares. Ver la tabla 15 para requerimientos de calificación de soldadura de filete.

3.3.12 Soldaduras de tapón y de ojal para conexiones tubulares y no tubulares. La calificación para soldaduras de canal CJP en conexiones tubulares o no tubulares debe calificar para todas las soldaduras de tapón y de ojal. La junta debe consistir de un agujero de 3/4 pulg. [20 mm] de diámetro en una placa de 3/8 pulg. [10 mm] de espesor con una placa de respaldo de un espesor mínimo de 3/8 pulg. [10 mm] (Ver la figura 39).

Figura 39. Placa de ensayo de soldadura macro-ataque de tapón—calificación de soldador u operador de soldaduras y calificación del WPS.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a $L_1 = 2$ pulg. [50 mm] min. (Soldador), 3 pulg. [75 mm] min. (Operador de soldadura);

$L_2 = 3$ pulg. [75 mm] min. (Soldador), 5 pulg. [125 mm] min. (Operador de soldadura).

3.3.13 Métodos de ensayos y de criterios de aceptación para la calificación del soldador y el operador de soldadura.

3.3.13.1 Inspección visual. Ver 3.2.6.1 para criterios de aceptación.

3.3.13.2 Ensayo de macro-ataque. Los especímenes de ensayo deben ser preparados con un acabado adecuado para el examen de macro-ataque. Debe usarse una solución adecuada para el ataque, para dar una clara definición de la soldadura.

Ensayo de macro-ataque en soldaduras de tapón y de filete. La cara del macro-ataque debe ser lisa para el ataque.

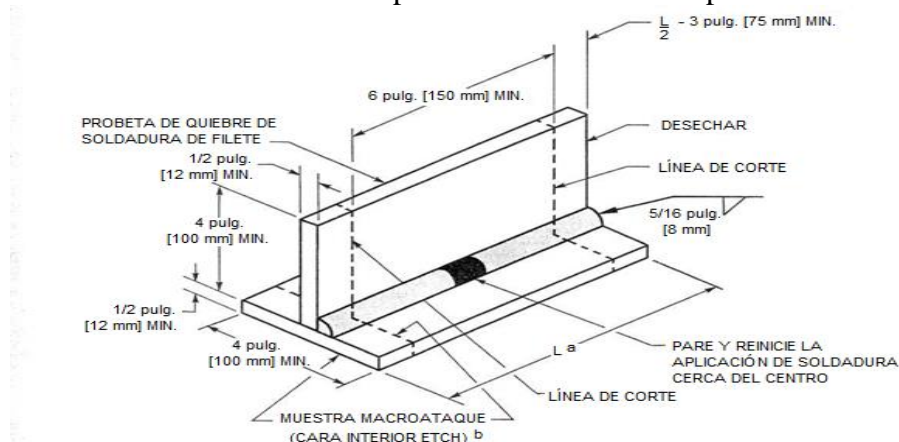
Los especímenes de ensayos de macro-ataque en soldadura de tapón deben ser cortados de las juntas de ensayo de:

- Calificación del soldador—figura 39
- Calificación del operador de soldadura—figura 39

Los ensayos de macro-ataque en soldaduras de filete deben ser cortadas de las juntas de ensayo de:

- Calificación del soldador—figura 40
- Calificación del operador de soldadura—figura 40

Figura 40. Quiebre de soldadura de filete y ensayo de placa macro-ataque—calificación de soldador u operador de soldaduras—opción 1.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a L= 8 in [200 mm] mínimo, soldador; 15 pulg. [380 mm] mínimo, operador de soldaduras.

^b Cualquiera de los extremos puede ser usado para la muestra macro-ataque requerida. El extremo de sobra puede ser descartado.

Ensayo de macro-ataque para conexiones T-, Y o K-. La junta de ensayo de macro-ataque de esquina para conexiones T-, Y- y K- en tubería de cajón en la figura 27, debe tener cuatro especímenes de ensayo de macro-ataque cortados de las esquinas de la soldadura en las ubicaciones mostradas en la figura 27. Una cara de cada espécimen de esquina debe ser alisada para el ataque, si el soldador hizo una prueba en el cupón 6GR (figura 28) que utiliza tubería de cajón, los cuatro especímenes de ensayo de macro-ataque de esquina requeridos pueden ser cortados de las esquinas del cupón 6GR de manera similar a la figura 27. Una cara de cada espécimen de esquina debe ser alisada para el ataque.

Criterios de aceptación para el ensayo de macro-ataque. Para una calificación aceptable, el espécimen de ensayo, cuando se inspecciona visualmente, debe cumplir con los siguientes requerimientos:

El tamaño de pierna mínimo debe cumplir con el tamaño de soldadura de filete especificado. Las soldaduras de filete y la junta de ensayo de macro-ataque de esquinas para conexiones T-, Y- y K- en tubería de cajón, figura 29, debe tener:

- Ninguna fisura.
- Fusión completa entre las capas adyacentes de los metales de soldadura y entre el metal de soldadura y el metal base.
- Perfiles de soldadura en conformidad al detalle previsto pero sin ninguna de las variaciones prohibidas.
- Ninguna socavación que exceda 1/32 pulg. [1 mm].
- Para porosidad de 1/32 pulg. [1 mm] o mayor, la porosidad acumulada no debe exceder 1/4 pulg. [6 mm].
- Ninguna escoria acumulada, en la cual la suma de las dimensiones más grandes no exceda 1/4 pulg. [6 mm].

Las soldaduras de tapón deben tener:

- Ninguna fisura.
- Fusión completa al respaldo y a los lados del agujero.
- Ninguna escoria visible que exceda 1/4 pulg. [6 mm] de longitud total acumulada.

3.3.13.3 RT. Si se utiliza RT en lugar de los ensayos de doblado prescritos, el reforzamiento (refuerzo) de la soldadura no necesita ser esmerilado o alisado para su inspección, a menos que las irregularidades de la superficie o la zona adyacente con el metal base provoque discontinuidades de soldadura objetables para ser oscurecidas en la radiografía. Si el respaldo es removido para RT, la raíz debe ser esmerilada al ras con el metal base.

- *Procedimiento y técnica del ensayo RT.* El procedimiento y técnica del ensayo RT debe estar en conformidad a los requerimientos de 4.2. Para la calificación del soldador, excluya 1-1/4 pulg. [32 mm] de cada extremo de la soldadura de la evaluación en la placa de ensayo; para la calificación del operador de soldadura, excluya 3 pulg. [75 mm] en cada extremo de la longitud de la placa de ensayo. La tubería o tubos de ensayo soldados de 4 pulg. [100 mm] de diámetro o mayor deben ser examinados para un mínimo de la mitad del perímetro de soldadura seleccionada para incluir una muestra de todas las posiciones soldadas. (Por ejemplo, una tubería o tubo de ensayo soldado en la posición 5G, 6G o 6GR debe ser radiografiada desde la línea central superior hasta la línea central inferior en cualquiera de los lados). La tubería o tubos de ensayos soldados de menor de 4 pulg. [100 mm] de diámetro deben requerir del 100% de RT.
- *Criterios de aceptación de RT.* Para una calificación aceptable, la soldadura, según los revele la radiografía, debe cumplir con los requerimientos del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 6.12.2, a excepción de 6.12.2.2, que no debe aplicar.

3.3.13.4 Ensayo de fractura de soldadura de filete. La longitud total de la soldadura de filete debe ser examinada visualmente y luego un espécimen de 6 pulg. [150 mm] de largo (ver la figura 40) o un cuarto de sección del cupón de soldadura de filete de la tubería debe cargarse de tal manera que la raíz de la soldadura esté en tracción. Por lo

menos un inicio y final de soldadura deben estar ubicados dentro de la probeta de un ensayo, la carga debe incrementarse o repetirse hasta que la probeta se fracture o se doble de manera plana sobre sí misma.

- *Criterios de aceptación para el ensayo de fractura de soldadura de filete.* Para probar el examen visual previo al ensayo de fractura, la soldadura debe presentar una apariencia razonablemente uniforme y debe estar libre de traslape, fisuras y socavaciones en exceso de los requerimientos de la inspección visual, no debe haber porosidad visible en la superficie de la soldadura.

La probeta fracturada es aprobada si:

La probeta se dobla sobre sí mismo, o la soldadura de filete, si se fractura, tiene una superficie de fractura que muestra fusión completa en la raíz de la junta sin inclusión o porosidad mayor a 3/32 pulg. [2.5 mm]. En la dimensión más grande, y la suma de las dimensiones más grandes de todas las inclusiones y porosidades no debe exceder 3/8 pulg. [10 mm] en la probeta de longitud de 6 pulg. [150 mm].

3.3.13.5 *Probetas de doblado de raíz, cara y doblado.* Ver 3.2.6.3 (Criterios de aceptación para ensayos de doblado) para los criterios de aceptación.

3.3.14 *Métodos de ensayos y criterios de aceptación para la calificación del apuntador.* Debe aplicarse una fuerza a la probeta como se muestra en la figura 37 hasta que ocurra la ruptura, la fuerza puede aplicarse por cualquier medio conveniente, la superficie de la soldadura y la fractura deben ser examinadas visualmente para encontrar defectos.

3.3.14.1 *Criterios de aceptación visual.* El apuntado debe presentar una apariencia razonablemente uniforme y debe estar libre de traslape, fisuras y socavado que exceda 1/32 pulg. [1 mm]. No debe haber porosidad visible en la superficie del apuntado.

3.3.14.2 *Criterios de aceptación del ensayo destructivo.* La superficie fracturada del apuntado debe mostrar fusión a la raíz, pero no necesariamente más allá, y no debe

exhibir una fusión incompleta a los metales base o cualquier inclusión o porosidad de más de 3/32 pulg. [2.5 mm] en la dimensión más grande.

3.3.15 Repetición del ensayo. Cuando un soldador, operador de soldadura o apuntalador falla en una prueba de calificación, o si existe una razón específica para cuestionar sus habilidades de soldadura o el periodo de efectividad ha caducado, debe aplicarse lo siguiente:

3.3.15.1 Requerimientos para la repetición del ensayo de soldadura y el operador de soldadura.

- *Repetición inmediata del ensayo.* Se puede hacer una repetición inmediata del ensayo que consista de dos soldaduras de cada tipo y posición que el soldador u operador de soldadura haya fallado. Todos los especímenes de repetición de ensayo deben cumplir con todos los requerimientos especificados.
- *Repetición del ensayo después de entrenamiento o práctica adicional.* Una repetición del ensayo puede hacerse siempre que haya evidencia de que el soldador u operador de soldadura ha tenido un entrenamiento o práctica adicional. Debe hacerse una repetición completa del ensayo de los tipos y posiciones en cuestión.
- *Repetición del ensayo después de un lapso de período de efectividad de la calificación.* Cuando el período de efectividad de calificación de un soldador u operador de soldadura ha caducado, debe requerirse una prueba de recalificación. Los soldadores tienen la opción de usar un espesor de ensayo de 3/8 pulg. [10 mm] para calificar cualquier espesor de soldadura de producción mayor o igual a 1/8 pulg. [3 mm].
- *Excepción-falla de una repetición del ensayo de recalificación.* No se debe permitir ninguna repetición del ensayo inmediato después de la reprobación de una repetición del ensayo de recalificación. Una repetición del ensayo debe permitirse solo después de un entrenamiento y práctica adicional según 3.3.15.1 (Repetición del ensayo después de entrenamiento o práctica adicional).

3.3.15.2 *Requerimientos de la repetición de ensayo del apuntalador.*

- *Repetición del ensayo sin repetición adicional.* En caso de no pasar los requerimientos de ensayo, el apuntalador pueda hacer una repetición del ensayo sin entrenamiento adicional.
- *Repetición del ensayo después de entrenamiento o práctica adicional.* Puede hacerse una repetición del ensayo siempre que el apuntalador haya tenido un entrenamiento o práctica adicional. Debe hacerse una repetición completa del ensayo.

3.4 **Requerimientos para ensayos CVN**

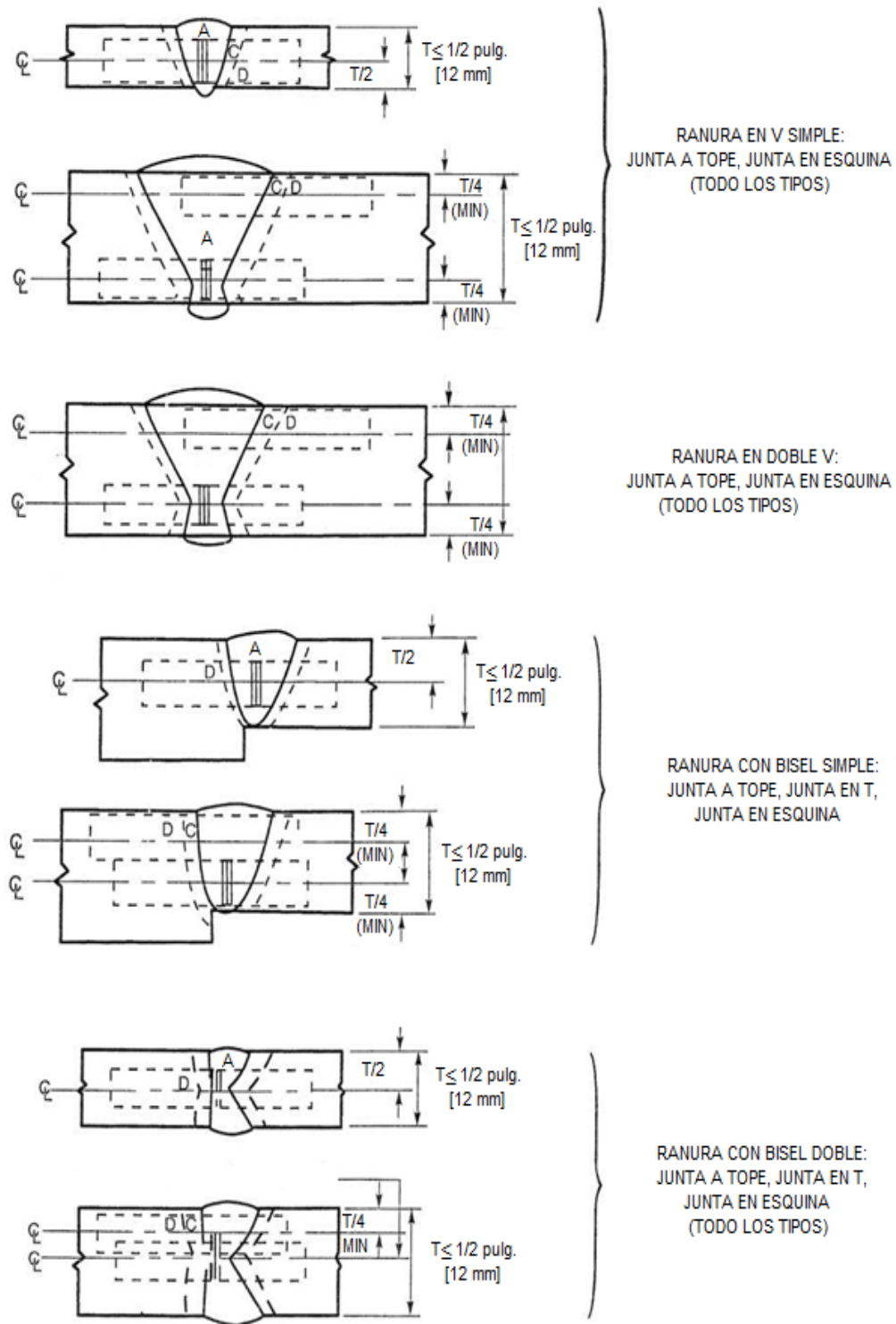
3.4.1 *General.* Los requerimientos de ensayo CVN y los procedimientos de ensayo en este capítulo deben aplicar solo cuando se especifiquen en los documentos de contrato en conformidad con 3.1.1.1 (Requerimientos de ensayo CVN) y la tabla 4 del presente capítulo.

Mientras los requerimientos de este capítulo no mencionen el ensayo CVN de los metales base son adecuados para aplicaciones donde el ensayo CVN del WPS es requerido.

Las probetas de ensayo CVN deben ser maquinadas y ensayadas en conformidad con ASTM E 23, *Standard Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials, for Type A Charpy (simple beam) Impact Specimen*, ASTM A 370, *Standard Test Method and Definitions for Mechanical Testing of Welds*.

3.4.2 *Ubicaciones de probetas de ensayo.* La ubicación para probetas de ensayo CVN individuales, a menos que los documentos del contacto lo especifique de otra manera, deben ser como se muestran en la figura 41 y la tabla 17.

Figura 41. Localización de muestras de ensayo CVN.



A = LÍNEA CENTRAL DE LA SOLDADURA SOBRE LA LÍNEA CENTRAL DE LA PROBETA
C = HAZ [Zona Afectada por el Calor] (+1 mm DE LA LÍNEA DE FUSIÓN)
D = HAZ [Zona Afectada por el Calor] (+1 mm DE LA LÍNEA DE FUSIÓN)

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Tabla 18. Requerimientos de ensayo CVN.

Proceso de Soldadura ¹¹	Lugar de Ensayo	Número de Ensayos ^b	Temperatura de Ensayos °F/°C	Tamaño de Muestra, ^d mm	Mínima Energía Promedio Absorbida@ ft-lbf [J]	Mínima Energía Individual Absorbida@ ft-lbf [J]	Mínimo Porcentaje Promedio de Área de Corte, %	Mínimo Promedio de Expansión Lateral, Mils/mm
SMAW	Metal de Soldadura	3	(Nota c)	10X 10	20 [27]	15 [20]	(Nota f)	(Nota f)
GTAW	Línea de Fusión +1 mm	3	(Nota c)	10 x 10	20 [27]	15 [20]	(Nota f)	(Nota f)
GMAW	Línea de Fusión	3	(Nota c)	10 x 10	20 [27]	15 [20]	(Nota f)	(Nota f)
SAW								
ESW								
EGW								
FCAW-S								
FCAW-G								

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Un WPS que combina FCAW-S con otro proceso de soldadura debe ser específicamente probado para asegurar que el criterio de ensayo CVN se esté cumpliendo en la interface entre los depósitos de soldaduras.

^b El número de muestras alternativas permisibles de la ubicación del ensayo es cinco. Los valores más altos y más bajos deben ser descartados para minimizar la dispersión asociada con los ensayos de CVN y ZAC.

^c La temperaturas de ensayos se tienen que especificar en documentos de contratos o en especificaciones. Cuando se requieren muestras de sub-tamaños, y cuando el tamaño de la muesca a lo ancho es menos que el 80% del espesor del metal de base, la temperatura deberá ser reducida en conformidad con la tabla 4.15.

^d Las muestras de tamaño estándar deben ser usadas cuando el material de ensayo es 7/16 pulg. [11 mm] o mayor de espesor. Las muestras de sub- tamaño deben ser usadas cuando el material de ensayo es menor a 7/16 pulg. [11 mm] de espesor, o cuando la geometría del conjunto soldado impide la remoción de las muestras.

^e Aplicable para soldaduras entre los materiales de base con una resistencia específica a la fluencia mínima de 50 ksi [345 MPa] o menor. Los criterios de aceptación para soldaduras con una resistencia específica a la fluencia mínima que exceda los 50 ksi [345 MPa] deben ser especificados en documentos de contrato o en especificaciones.

^f Valores para los porcentajes de corte y de expansión lateral deben ser anotados cuando estén especificados en documentos de contrato o en especificaciones.

El posicionamiento de la entalla para todas las probetas de ensayo CVN debe hacerse maquinando las probetas a partir de la soldadura de ensayo a una profundidad apropiada como se muestra en la figura 41. Las probetas deberían fabricarse ligeramente más largas para permitir el posicionamiento exacto de la entalla. Después, las barras deberían atacarse con un ataque simple como 5% de nital, para revelar la ubicación de la zona de fusión de la soldadura y HAZs. Luego la línea central de la entalla debe ser ubicada en las probetas como se muestran en la figura 41.

3.4.3 *Ensayo CVN.* Existen dos opciones para el número de probetas de ensayo CVN que se tomarán de una sola ubicación de ensayo:

- Opción A–3 probetas
- Opción B–5 probetas

Las probetas de ensayo CVN deben ser maquinadas del mismo cupón soldado hecho para determinar otras propiedades de la junta de soldadura (ver las figuras 8, 9, 11 ó 12). Cuando el tamaño de los cupones soldados no sea suficiente para satisfacer todos los requerimientos de la probeta de ensayos mecánicos, debe prepararse un cupón soldado adicional. Las probetas de ensayo CVN deben ser maquinadas del cupón soldado del cual se maquina las probetas para el ensayo de tracción.

Cuando el ensayo CVN es un requerimiento, se requiere un PQR con ensayos CVN y un WPS calificado. Se deberá preparar un PQR nuevo o si existe un PQR que satisfaga todos los requerimientos excepto los ensayos CNV, debe ser necesario sólo preparar un cupón soldado adicional con suficiente material para proveer las probetas de ensayo CVN requeridas. Una placa de ensayo parcial o completa (como se denota anteriormente) debe soldarse utilizando un WPS, que cumpla con el WPS original “de prueba”, si es aplicable, y con los límites de las tablas 5, 6 y 9, además de aquellas variables esenciales suplementarias aplicables sólo a ensayos CVN (tabla 10). Un PQR nuevo o revisado debe prepararse y un WPS nuevo o revisado debe escribirse para acomodar las variables de calificación para el ensayo CVN.

La línea central longitudinal de las probetas debe ser transversal al eje de la soldadura y la entalla de la base debe ser perpendicular (normal) a las superficie a menos que los documentos del contrato lo especifique de otra manera.

La probeta estándar de 10 x 10 mm debe usarse donde el espesor del material de ensayo sea de 7/16 pulg. [11 mm] o mayor. Deben usar probetas de tamaño reducido cuando en espesor del material de ensayo es menor que 7/16 pulg. [11 mm] o cuando la extracción de probetas de tamaño completo no es posible debido a la forma de la soldadura. Cuando se requieren probetas de tamaño reducido, estas deben hacerse con una de las dimensiones mostradas en la tabla 18. (nota: las probetas del tamaño más largo posible deben ser maquinadas de la pieza de ensayo de calificación). La temperatura del ensayo CVN debe especificarse en los documentos del contrato.

Tabla 19. Reducción de temperatura de ensayo CVN.

Tamaño de Muestra mm	Reducción de Temperatura de Ensayo Menor que Temperatura de Ensayo Especificada	
	°F	°C
10 x 10	0	0
10x9	0	0
10x8	0	0
10x7.5	5	2.8
10x7	8	4.5
10x6.7	10	5.6
10x6	15	8.4
10x5	20	11.1
10x4	30	16.8
10x3.3	35	19.4
10x3	40	22.4
10x2.5	50	27.8

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Ejemplo: Si los dibujos de diseño o especificación indican que ensayos CVN van a ser llevadas a cabo a 32°F [0°C] y se usan muestras de sub-tamaño de 10 mm x 5 mm, la temperatura actual de ensayo será de 12°F [-11°C].

Cuando se requieran probetas de tamaño reducido y el ancho de la probeta a través de la entalla sea menor de 80% del espesor del metal base, la temperatura de ensayo debe ser reducida en conformidad con la tabla 18, a menos que se especifique de otra manera en los documentos del contrato.

3.4.4 *Requerimientos del ensayo.* Los requerimientos de ensayo para soldadura entre metales base con resistencia a la fluencia mínima especificada del 50 ksi [345 Mpa] o menos no deben ser menores que los requerimientos mínimos de la tabla 17, a menos que se especifique de otra manera. Los requerimientos de ensayo para soldaduras entre

metales base con una resistencia a la influencia mínima especificada mayor a 50 ksi [345 MPa] debe especificarse en los documentos del contrato.

Los criterios de aceptación para cada ensayo deben especificarse en los dibujos o especificaciones del contrato, y deben consistir en lo siguiente:

- Valor individual mínimo—el valor del cual ninguna probeta puede estar por debajo, y
- Valor prometido mínimo—el valor del cual la medida aritmética de las tres probetas debe igualar o exceder.

A menos que se especifique de otra manera, en los dibujos de contrato o especificaciones, los valores de aceptación para los requerimientos de ensayo CVN descritos en 3.4.4.1 para soldaduras entre metales base con una resistencia a la fluencia mínima especificada de 50 ksi [345 MPa] o menor, se muestran en la tabla 17.

Si se elige la opción B (ver 3.4.3.1), las probetas con los valores más altos y más bajos deben ser como descartadas, dejando tres probetas para su evaluación. Tanto para la opción A como para las 3 probetas restantes de la opción B, 2 de los 3 valores para las probetas deben igualar o exceder el valor promedio mínimo específico. Uno de los tres puede ser más bajo que el valor promedio mínimo específico, pero no más bajo que el valor individual mínimo específico, y el promedio de los tres no debe ser menor que el valor promedio mínimo específico.

3.4.5 *Repetición del ensayo.* Cuando los requerimientos en 3.4.4.2 y 3.4.4.3 no se cumplen, puede llevarse a cabo una repetición del ensayo. Cada valor individual de las tres probetas restantes debe igualar o exceder el valor promedio mínimo específico. Las probetas de repetición de ensayo deben ser extraídas del cupón (es) de soldadura original (es).

3.4.6 *Reportes.* Todos los valores medidos de ensayo CVN requeridos por el código, documentos del contrato o especificaciones deben reportarse en el PQR (American Welding Society, 2010).

CAPÍTULO IV

4. INSPECCIÓN PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA

4.1 Requisitos generales

4.1.1 Alcance. Contiene todos los requerimientos para las calificaciones y responsabilidades del inspector, aceptación de criterios para discontinuidades y procedimientos NDT.

4.1.1.1 Información suministrada para licitadores. Cuando se requiera otras técnicas NDT además de la inspección visual, deberá de ser estipulada en la información suministrada a los licitadores. Esta información deberá designar las categorías de soldaduras a ser examinadas, la extensión de la evaluación para cada categoría y el método o métodos de prueba.

4.1.1.2 Inspección y estipulaciones del contrato. Para el propósito de este código, la inspección y la prueba de fabricación/montaje, y la inspección y prueba de verificación deben ser funciones separadas.

- *Inspección del contratista.* Este tipo de inspección y prueba debe ser realizado en conformidad como sea necesario previo al ensamblaje, durante al ensamblaje, durante la soldadura y después de la soldadura para asegurar que los materiales y la mano de obra cumplan con los requerimientos de los documentos del contrato. La inspección y prueba de la fabricación/montaje, son responsabilidad del Contratista, a no ser que se indique lo contrario en los documentos del contrato.
- *Inspección de verificación.* Este tipo de inspección y prueba deberá ser realizada y, sus resultados reportados al Propietario y Contratista en una forma rápida en tiempo para evitar retrasos en el trabajo. La inspección de verificación y pruebas son las prerrogativas del Propietario quien puede realizar esta función o, cuando se indica en el contrato, o no exigir una verificación independiente, o estipular que ambas inspecciones y verificaciones sean realizadas por el Contratista.

4.1.1.3 Definición de categorías de inspector

- *Inspector de contratista.* Este inspector es la persona específica designada que actúa para, y en nombre de, el Contratista en todas las inspecciones y asuntos de calidad dentro del alcance de los documentos del contrato.
- *Inspector de verificación.* Este inspector es la única persona designa que actúa para, y en nombre de, el Propietario o Ingeniero en toda inspección y asuntos de calidad dentro del alcance de los documentos del contrato.
- *Inspector(es).* Cuando el término de inspector es utilizado sin mayor calificación como la categoría de inspector específica descrita arriba, aplica de forma igual a inspección y verificación dentro de los límites de responsabilidad descritos en 4.1.1.2.

4.1.1.4 Requerimientos de calificación de inspector

Bases para calificación. Los inspectores responsables para la aceptación o rechazo de material y mano de obra deben ser calificados. Las bases de la calificación de inspector deben ser documentadas. Si el ingeniero elige especificar las bases de la calificación de inspector, deben ser especificados en los documentos del contrato.

Las bases de calificación aceptables son las siguientes:

- Una actual o previa certificación como un *AWS Certified Welding Inspector* (CWI) en conformidad con las estipulaciones de AWS QC1, *Standard for AWS Certification of Welding Inspectors*.
- Una actual o previa calificación, por el *Canadian Welding Bureau* (CWB) en conformidad con los requerimientos de la *Canadian Standard Association* (CSA) Standard W178.2, *Certification of Welding Inspectors*.
- Un individuo que, por entrenamiento o experiencia, o ambos es competente para realizar la inspección del trabajo en la fabricación de metales, inspección y prueba.

Periodo de efectividad. La calificación de un inspector deberá permanecer en efecto indefinidamente, siempre que el inspector continúe activo en la inspección de la

fabricación de acero soldado, a menos que exista una razón específica para cuestionar la habilidad del inspector.

Asistente de inspector. El inspector puede ser ayudado por inspectores asistentes quienes pueden realizar funciones específicas de inspección bajo la supervisión del Inspector. Los Inspectores asistentes deben ser calificados por entrenamiento y experiencia para realizar las funciones específicas a las que sean asignados. El trabajo de los Inspectores asistentes debe ser monitoreado de forma regular por el Inspector, generalmente de forma diaria.

Examen ocular. Los inspectores y los inspectores asistentes deberán haber aprobado un examen con o sin lentes correctivos para comprobar agudeza de vista cercana de Jaeger J-2 a una distancia de 12 pulg a 17pulg. [300 mm a 430 mm]. El examen ocular de todo el personal de inspección será requerido cada 3 años o menos de ser necesario para demostrar suficiencia.

Verificación de autoridad. El ingeniero deberá tener autoridad para verificar la calificación de los inspectores.

4.1.1.5 *Responsabilidad del inspector.* El inspector deberá estar seguro que toda fabricación y montaje por soldadura, sea realizado en conformidad a los requerimientos de los documentos del contrato.

4.1.1.6 *Artículos a ser provistos al inspector.* El inspector debe ser provisto con dibujos completos y detalles que muestren el tamaño, la longitud, el tipo y la ubicación de todas las soldadoras a realizar. También, se debe proporcionar al inspector los documentos del contrato que describen el material y los requerimientos de calidad para los productos que serán fabricado montados, ambos.

4.1.1.7 *Notificación al inspector.* Se deberá notificar al inspector con anticipación acerca del inicio de operaciones sujetas a inspección y verificación.

4.1.2 *Inspección de materiales y equipo.* El inspector del contratista debe asegurar que solo se utilicen materiales y equipos que cumplan con los requerimientos del código.

4.1.3 *Inspección de WPS (especificaciones del procedimiento de soldadura).*

- *WPS precalificados.* El inspector del contratista debe asegurar que todos los WPS precalificados a ser utilizados para el trabajo estén en conformidad con los requerimientos del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 y los documentos del contrato.
- *WPS calificados por prueba.* El inspector del contratista debe asegurarse que todos los WPS calificados por prueba estén en conformidad con los requerimientos del Código AWS D1.1/D1.1M:2010, y los documentos del contrato.
- *WPS en producción.* El inspector del contratista debe asegurar que todas las operaciones de soldado sean realizadas en conformidad con los WPS que cumplan con los requerimientos de este código y los documentos del contrato.

4.1.4 *Calificaciones de inspección de soldador, operador de soldadura y apuntalador.*

4.1.4.1 *Determinación de calificación.* El inspector debe consentir que la soldadura sea realizada únicamente por soldadores, operadores de soldadura y apuntaladores que estén calificados en conformidad con los requerimientos del capítulo III, o se debe asegurar que cada soldador, operador de soldadura o apuntalador haya demostrado previamente dicha calificación bajo la supervisión aceptada y aprobada por el ingeniero en conformidad con 3.1.1.2 (Calificación previa de desempeño).

4.1.4.2 *Repetición de pruebas basadas en la calidad del trabajo.* Cuando la calidad de trabajo de un soldador, operador de soldadura o apuntalador calificado parece estar por debajo de los requerimientos del código, el inspector puede solicitar que el soldador, operador de soldadura o apuntalador demuestre una habilidad para producir soldaduras

sanas por medio de una simple prueba, como el ensayo de rompimiento de soldadura de filete o requerir una recalificación completa en conformidad con el capítulo III.

4.1.4.3 *Repetición de pruebas basadas en la expiración de la calificación.* El inspector deberá requerir la recalificación de cualquier soldador calificado u operador de soldadura que no haya utilizado el proceso (para lo que ellos están calificados) por un periodo que exceda seis meses (ver 3.1.1.3 Soldadores y operadores de soldadura).

4.1.5 *Inspección de trabajo y registros.*

4.1.5.1 *Tamaño, longitud y ubicación de soldaduras.* El inspector debe asegurarse de que el tamaño, longitud y ubicación de toda la soldadura sean conforme a los requerimientos del código y a los dibujos de detalle y que no hayan sido agregadas soldaduras no especificadas sin aprobación del ingeniero.

4.1.5.2 *Alcance de la examinación.* El inspector debe considerar intervalos adecuados, observar la preparación de la junta, la práctica de ensamblaje, las técnicas de soldadura y el desempeño de cada soldador, operador de soldadura y apuntalador para asegurarse de que los requerimientos aplicables al código sean cumplidos.

4.1.5.3 *Extensión de examinación.* El inspector debe examinar el trabajo para asegurarse de que cumpla con los requerimientos especificados en el código. Otros criterios de aceptación, distintos a aquellos descritos en el código, pueden ser utilizados cuando se apruebe por el ingeniero, el tamaño y contorno de las soldaduras deberán ser medidos con las galgas adecuadas, la inspección visual para las fisuras en la soldadura y metal base así como otras discontinuidades deberán ser apoyadas por una luz intensa, lupas o cualquier otro aparato que pueda ser de ayuda.

4.1.5.4 *Identificación de las inspecciones realizadas por el inspector.* Los inspectores deben de identificar, con una marca distintiva o algún otro método de registro, todas las partes o juntas que han inspeccionado y aceptado, cualquier método de registro que se acordado mutuamente puede ser utilizado, el estampado de los miembros cíclicamente sin la aprobación del ingeniero deberá ser prohibido.

4.1.5.5 *Mantenimiento de registros.* El inspector deberá llevar un registro de las especificaciones de todos los soldadores, operadores de soldadura y apuntaladores; todas las calificaciones de WPS o alguna otra prueba realizada; y su respectiva información según sea requerida.

4.1.6 *Obligaciones del contratista.*

4.1.6.1 *Responsabilidades del contratista.* El contratista deberá ser responsable de la inspección visual y las correcciones necesarias de todas las deficiencias en materiales y mano de obra en conformidad a los requerimientos del código.

4.1.6.2 *Peticiones del inspector.* El contratista deberá cumplir con las peticiones del inspector(es) para corregir las deficiencias en los materiales y mano de obra como se prevé en los documentos del contrato.

4.1.6.3 *Criterios del inspector.* En la situación que: una soldadura defectuosa o su remoción para volver a soldar, los daños en el metal base cuya retención a juicio del ingeniero no esté en conformidad con la intención de los documentos del contrato, el contratista deberá remover y reemplazar el metal base dañado o deberá compensar las deficiencias en una manera aprobada por el ingeniero.

4.1.6.4 *NDT especificado distinto al visual.* Cuando se especifica un NDT diferente a la inspección visual en la información suministrada a los licitadores; deberá ser responsabilidad del contratista el asegurarse que todas las soldaduras especificadas cumplan con los requerimientos de calidad de los criterios de aceptación enmarcados en el Código AWS D1.1/D1.1M:2010; cual sea que se aplique.

4.1.6.5 *NDT no especificado distinto al visual.* Si no se especifica un NDT diferente de inspección visual en el acuerdo original de contrato pero, es de forma subsecuente solicitada por el propietario, el contratista deberá realizar cualquier otra prueba solicitada o, deberá permitir cualquier prueba realizada en conformidad con el 4.1.7. El propietario, deberá ser responsable por los costos relacionados incluyendo el manejo, preparación de superficie, NDT y la preparación de las discontinuidades distintas a aquellas descritas en la inspección visual, cual sea que aplique, dentro de tarifas

aceptables para el propietario y el contratista. Sin embargo, si dicha prueba debe revelar un intento para defraudar o mostrar desacuerdo con el código, la reparación del trabajo deberá ser realizada bajo responsabilidad del contratista.

4.1.7 *Procedimientos NDT.* Los procedimientos NDT descritos en el código, han sido utilizados por varios años y proporciona una seguridad razonable de la integridad de la soldadura; sin embargo, pareciera que algunos usuarios del código consideran de forma incorrecta cada método, capaz de detectar todas las discontinuidades inaceptables.

Los usuarios del código deberán estar familiarizados con todas las limitaciones de los métodos NDT a ser utilizados, particularmente la inhabilidad para detectar y caracterizar las discontinuidades planares con orientaciones específicas. (Las limitaciones y el uso complementario de cada método son explicadas en la edición más reciente de AWS B1.10. *Guide for Nondestructive Examination of Welds*).

4.1.7.1 *Ensayo radiográfico (RT).* Cuando se utiliza RT, el procedimiento y la técnica deberán estar en conformidad con las pruebas radiográficas (RT) enunciadas en el presente capítulo numeral 4.2.

4.1.7.2 *Sistemas de radiación de imagen.* Cuando la evaluación se realiza utilizando sistemas de radiación de imagen, los procedimientos y técnicas deberán estar en conformidad con la sección 6, parte G, del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

4.1.7.3 *Ensayo ultrasónico (UT).* Cuando se utiliza UT, el procedimiento y la técnica deberán estar en conformidad con el numeral 4.3 de este capítulo.

4.1.7.4 *Ensayo de partículas magnéticas (MT).* Cuando se utiliza MT, el procedimiento y la técnica deberán estar en conformidad con ASTM E 709, y los estándares de aceptación deberán ser en conformidad con la sección 6, parte C, del código en vigencia.

4.1.7.5 *PT ensayo de líquidos penetrantes.* Para detectar discontinuidades que están abiertas a superficie, PT puede ser utilizado. Los métodos estándar establecidos en ASTM E 165 deberán ser utilizados para la inspección PT, y los estándares de aceptación deberán estar en conformidad con la sección 6, parte C, del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

4.1.7.6 *Calificación del personal*

Requerimientos ASNT. El personal que realiza NDT distinto al visual, deberá estar calificado en conformidad con la edición actual de la *American Society for Nondestructive Testing*, practica recomendada N° SNT-TC-1A. Los individuos que realicen NDT deberán estar calificados por:

- NDT Nivel II
- NDT Nivel I trabajando bajo un NDT Nivel II

Certificación. La certificación de individuos nivel I y nivel II deberán realizarse por un individuo de nivel III que haya sido certificado por:

- American Society for Nondestructive Testing o
- Tiene la educación, entrenamiento, experiencia, y ha pasado con éxito la evaluación escrita, descrita en SNT-TC-1A.

Excepción de los requerimientos de QC1. El personal que realice NDT bajo las estipulaciones de 4.1.7.6 no necesita estar calificado y certificado bajo las estipulaciones de AWS QC1.

4.1.8 *Amplitud de pruebas.* La información provista a los licitantes deberán identificar claramente la amplitud de las NDT (tipos, categorías, o ubicación) de las soldaduras a evaluarse.

4.1.8.1 Pruebas completas. Las juntas de soldadura que requieran pruebas a través de especificación del contrato deberán ser evaluadas en su longitud completa, a menos que se especifique el ensayo parcial o de puntos.

4.1.8.2 Pruebas parciales. Cuando se especifique la evaluación parcial, la ubicación y longitudes de soldaduras o categorías de soldadura a evaluar deberán ser claramente especificadas en los documentos del contrato.

4.1.8.3 Pruebas de puntos. Cuando una prueba de puntos es especificada, el número de puntos en cada categoría indicada de junta soldada a evaluarse en una longitud declarada de soldadura o un segmento designado de soldadura deberá incluirse en la información proporcionada a los licitantes. Cada prueba de puntos deberá cubrir al menos 4 pulg. [100 mm] de la longitud de la soldadura.

Cuando los ensayos de puntos revelen indicaciones de discontinuidades inaceptables que requieran reparación, la amplitud de esas discontinuidades deberá ser explotada. Dos puntos adicionales en el mismo segmento de la junta de soldadura deberán ser tomados en ubicaciones lejos del punto original. El contratista y el inspector de verificación deberán llegar a un acuerdo sobre la ubicación sobre los puntos adicionales.

Cuando cualquiera de los dos puntos adicionales muestre efectos que requieran reparación, el segmento completo de soldadura representado por el punto original deberá ser evaluado por completo. Si la soldadura involucra más de un segmento, dos puntos adicionales en cada segmento deberán ser evaluados en puntos acordados por el contratista y el inspector de verificación, sujeto a la interpretación precedente.

4.1.8.4 Información relevante. El personal de NTD deberá, antes de la evaluación ser provisto o tener acceso a información relevante concerniente a geometrías de junta de soldadura, espesor del material, y procesos de soldadura usados al hacer la soldadura. El personal de NDT deberá ser informado de cualquier reparación subsiguiente a la soldadura.

4.2 Ensayos radiográficos (RT)

4.2.1 RT de soldaduras de canal y juntas a tope

4.2.1.1 Procedimientos y estándares. Los procedimientos y estándares establecidos dentro de esta parte deberán regir la RT de soldaduras cuando dicha inspección sea requerida por medio de los documentos de contrato como se indica en 4.1.7. Los requerimientos descritos aquí son específicamente para evaluar soldaduras de canal en juntas a tope en placa, perfiles y barras por medio de fuentes de rayos gamma o rayos X. la metodología deberá estar en conformidad con ASTM E 94, *Standard Recommended Practice for Radiographic Testing*, ASTM E 142, *Standard Method for Controlling Quality of Radiographic Testing*, ASTM E 747, *Controlling Quality of Radiographic Testing Using Wire Penetrimeters*, y ASTM E 1032, *Radiographic Examination of Weldments*.

4.2.1.2 Variaciones. Se puede usar variaciones de los procedimientos de evaluación, equipo, y estándares de aceptación bajo un acuerdo entre el contratista y el propietario. Tales variaciones incluyen, pero no están limitadas a, los siguientes: RT de soldaduras de filete, T, en esquina; cambios en distancia de la fuente a la película; aplicaciones no usuales de la película; aplicaciones (incluyendo IQI del lado de película) no usuales de indicadores de calidad de imagen (IQI) de tipo agujero o tipo alambre; y RT de espesores mayores a 6 pulg. [150 mm] tipo de película, densidades, y variaciones en la exposición, y relevado, y técnicas de visualización.

4.2.2 Procedimientos RT

4.2.2.1 Procedimiento. Se deberán hacer radiografías usando una fuente individual ya sea de radiación gamma o X. La sensibilidad radiográfica deberá ser juzgada basándose en IQIs de imagen tipo agujero o alambre. La técnica radiográfica y el equipo deberán proporcionar suficiente sensibilidad para delinear claramente los IQIs de tipo agujero requerido y los agujeros o alambre esenciales como se describen en 4.2.2.7. Las tablas 19 y 20, y las figuras 42 y 43. Las letras y números de identificación deberán verse claramente en la radiografía. (Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios)

Tabla 20. Requerimientos del IQI tipo agujero.

Rango Nominal del espesor del Material ^a , pulg.	Rango Nominal del espesor del Material ^a , mm.	Lado de Fuente		Lado de Película ^b	
		Designación	Agujero Esencial	Designación	Agujero Esencial
Hasta 0.25 incl.	Hasta 6 incl.	10	4T	7	4T
Más de 0.25 a 0.375	Más de 6 hasta 10	12	4T	10	4T
Más de 0.375 a 0.50	Más de 10 hasta 12	15	4T	12	4T
Más de 0.50 a 0.625	Más de 12 hasta 16	15	4T	12	4T
Más de 0.625 a 0.75	Más de 16 hasta 20	17	4T	15	4T
Más de 0.75 a 0.875	Más de 20 hasta 22	20	4T	17	4T
Más de 0.875 a 1.00	Más de 22 hasta 25	20	4T	17	4T
Más de 1.00 a 1.25	Más de 25 hasta 32	25	4T	20	4T
Más de 1.25 a 1.50	Más de 32 hasta 38	30	2T	25	2T
Más de 1.50 a 2.00	Más de 38 hasta 50	35	2T	30	2T
Más de 2.00 a 2.50	Más de 50 hasta 65	40	2T	35	2T
Más de 2.50 a 3.00	Más de 65 hasta 75	45	2T	40	2T
Más de 3.00 a 4.00	Más de 75 hasta 100	50	2T	45	2T
Más de 4.00 a 6.00	Más de 100 hasta 150	60	2T	50	2T
Más de 6.00 a 8.00	Más de 150 hasta 200	80	2T	60	2T

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Espesor radiográfico de pared única (para tubulares).

^b Solo aplicable para estructuras tubulares.

Tabla 21. Requerimientos IQI de alambre.

Rango Nominal del espesor del Material ^a , pulg.	Rango Nominal del espesor del Material ^a , mm.	Lado de Fuente		Lado de Película ^b	
		Máximo Diámetro de Alambre		Máximo Diámetro de Alambre	
		Pulg.	Mm	Pulg.	mm
Hasta 0.25 incl.	Hasta 6 incl.	0.010	0.25	0.008	0.20
Más de 0.25 a 0.375	Más de 6 a 10	0.013	0.33	0.010	0.25
Más de 0.375 a 0.625	Más de 10 a 16	0.016	0.41	0.013	0.33
Más de 0.625 a 0.75	Más de 16 a 20	0.020	0.51	0.016	0.41
Más de 0.75 a 1.50	Más de 20 a 38	0.025	0.63	0.020	0.51
Más de 1.50 a 2.00	Más de 38 a 50	0.032	0.81	0.025	0.63
Más de 2.00 a 2.50	Más de 50 a 65	0.040	1.02	0.032	0.81
Más de 2.50 a 4.00	Más de 65 a 100	0.050	1.27	0.040	1.02
Más de 4.00 a 6.00	Más de 100 a 150	0.063	1.60	0.050	1.27
Más de 6.00 a 8.00	Más de 150 a 200	0.100	2.54	0.063	1.60

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Espesor radiográfico de pared única (para tubulares).

^b Solo aplicable para estructuras tubulares.

Figura 42. Clase del agujero IQI.

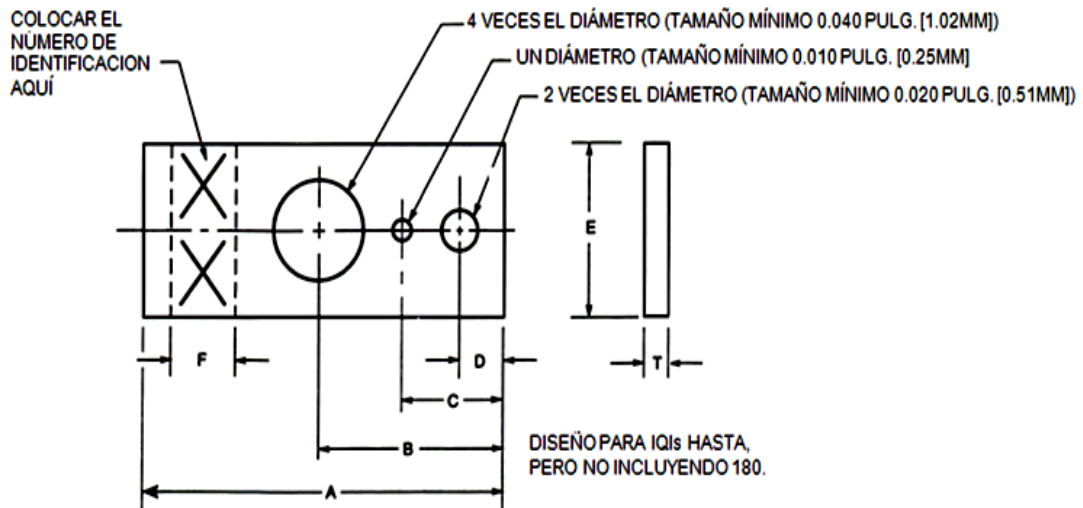


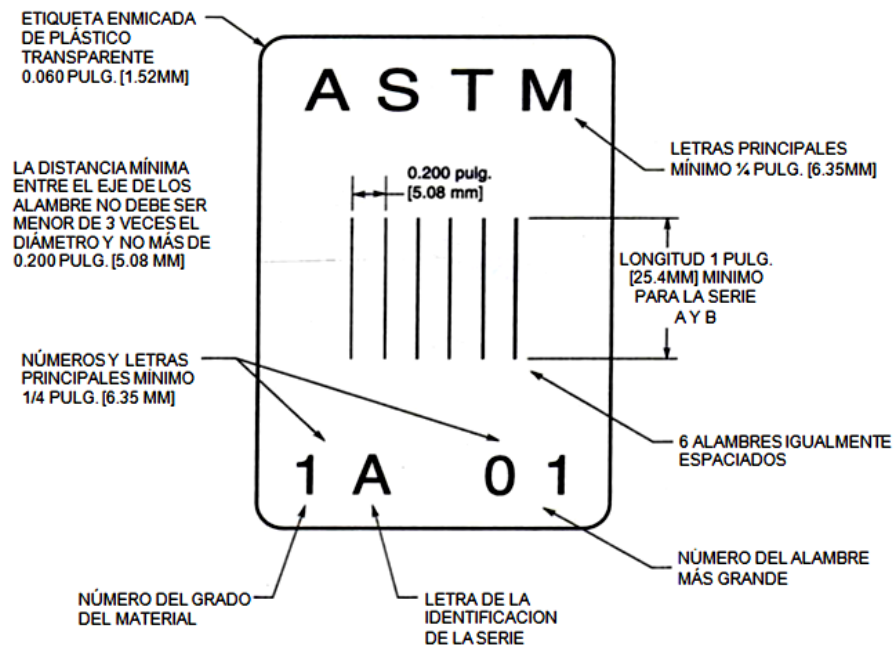
Tabla de Tamaños para IQI (pulg.)							
Número ^a	A	B	C	D	E	F	Espesor IQI y Tolerancias del Agujero del Diámetro
5-20	1.500 ±0.015	0.750 ±0.015	0.438 ±0.015	0.250 ±0.015	0.500 ±0.015	0.250 ±0.030	±0.0005
21-59	1.500 ±0.015	0.750 ±0.015	0.438 ±0.015	0.250 ±0.015	0.500 ±0.015	0.250 ±0.030	±0.0025
60-179	2.250 ±0.030	1.375 ±0.030	0.750 ±0.030	0.375 ±0.030	1.000 ±0.030	0.375 ±0.030	±0.005
Tabla de Tamaños del IQI (mm)							
Número ^a	A	B	C	D	E	F	Espesor IQI y Tolerancias del Agujero del Diámetro
5-20	38.10 ±0.38	19.05 ±0.38	11.13 ±0.38	6.35 ±0.38	12.70 ±0.38	6.35 ±0.80	±0.013
21-59	38.10 ±0.38	19.05 ±0.38	11.13 ±0.38	6.35 ±0.38	12.70 ±0.38	6.35 ±0.80	±0.06
60-179	57.15 ±0.80	34.92 ±0.80	19.05 ±0.80	9.52 ±0.80	25.40 ±0.80	9.525 ±0.80	±0.13

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a A el IQI N° 5 al 9 no son 1T, 2T y 4T.

Nota: Los agujeros deberán ser preciso y normales al IQI. No biselar.

Figura 43. Alambre IQI.



Tamaños (Parámetro del cable) Indicador de Calidad de imagen			
Diámetro del Alambre, pulg. [mm]			
Serie A	Serie B	Serie C	Serie D
0.0032 [0.08]	0.010 [0.25]	0.032 [0.81]	0.10 [2.5]
0.004 [0.1]	0.013 [0.33]	0.040 [1.02]	0.125 [3.2]
0.005 [0.13]	0.016 [0.4]	0.050 [1.27]	0.160 [4.06]
0.0063 [0.16]	0.020 [0.51]	0.063 [1.6]	0.20 [5.1]
0.008 [0.2]	0.025 [0.64]	0.080 [2.03]	0.25 [6.4]
0.010 [0.25]	0.032 [0.81]	0.100 [2.5]	0.32 [8]

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

4.2.2.2 Requerimientos de seguridad. RT deberá ser realizado en conformidad a todos los requerimientos de seguridad aplicables.

4.2.2.3 Remoción de la sobremonta. Cuando los documentos del contrato requieran la remoción de la sobremonta, las soldaduras deberán ser preparadas para RT mediante esmerilado como se describe en el Código AWS D1.1/D1.1M:2010 5.24.3.1.

Otras superficies de soldadura no necesitan ser esmeriladas o alisadas de otra manera para los propósitos RT a no ser de las irregularidades de la superficie o la unión entre la soldadura y el metal base pueda causar discontinuidades de soldadura objetables.

- **Apéndices.** Los apéndices soldados deberán ser retirados previos al RT, a no ser que no se aprueba lo contrario por el ingeniero.

- *Refuerzo de acero.* Cuando se requiera por el 5.10 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 o por otras estipulaciones de los documentos de contrato, el esfuerzo de acero debe ser retirado, y la superficie debe ser acabada al ras por esmerilado previo a RT. El esmerilado deberá ser como se describe en el Código AWS D1.1/D1.1M:2010 5.24.3.1.
- *Sobremonta.* Cuando la sobremonta o el refuerzo o ambos, no es removido, o la ubicación alterna del IQI de alambre no es utilizada, las cuñas de acero que se extienden al menos 1/8 pulg. [3 mm] más allá de tres lados del IQI tipo agujero o IQI de alambre requerido, deberán ser ubicados debajo del IQI tipo agujero o el IQI de alambre, para que el espesor total del acero entre el IQI tipo agujero y la película sea aproximadamente igual al promedio del espesor de la soldadura.

4.2.2.4 Película radiográfica. La película radiográfica deberá ser como se describe en ASTM E 94. Las pantallas de láminas de plomo deberán ser utilizadas como se describe en ASTM E 94. Las pantallas fluorescentes deberán ser prohibidas (RUIZ, 1971).

4.2.2.5 Técnica. Las radiografías deberán ser hechas con única fuente de radiación centrada lo más cerca posible con respecto a la longitud y al ancho de esa porción de la soldadura a ser examinada.

- *Falta de nitidez geométrica.* La fuente de rayos gamma, sin importar el tamaño, deberá ser capaz de cumplir con las limitaciones de la falta de nitidez geométrica de ASME *Boiler and Pressure Vessel Code*, sección V, artículo 2.
- *Distancia fuente a objeto.* La distancia de la fuente al objeto no deberá ser menor al total de la longitud de la película expuesta a un solo plano. Esta previsión no deberá aplicar a exposiciones panorámicas realizadas bajo las estipulaciones del 4.2.1.2.
- *Limitaciones de distancia de fuente a objeto.* La distancia de fuente a objeto no deberá ser menor que siete veces el espesor de la soldadura más la sobremonta y el esfuerzo, si hay alguno, así como tampoco la inspección de radiación deberá penetrar en cualquier porción del soldado representado en la radiografía en un ángulo mayor a $26\frac{1}{2}^{\circ}$ desde una línea normal a la superficie soldada (RUIZ, 1971).

4.2.2.6 Fuentes. Las unidades de rayos X de máximo de 600 kVp, y el iridio 192 pueden ser utilizados como una fuente para todas las RT siempre que tengan la adecuada capacidad de penetración. El cobalto 60 deberá ser únicamente utilizado como una fuente radiográfica cuando el acero al ser radiografiado exceda 2-1/4 pulg. [65 mm] en espesor. Otras fuentes radiográficas pueden ser utilizadas con la aprobación del ingeniero.

4.2.2.7 Selección y ubicación de los IQIs. Los IQIs deberán ser seleccionados y ubicados en el área de interés de la soldadura a ser radiografiada como se muestre en la tabla 21. Cuando una soldadura completa circunferencial de un tubo es radiografiada con una exposición individual y con la fuente de radiación colocada en el centro de la curvatura, se deben usar al menos 3 IQIs separados con la misma distancia entre ellos. El respaldo de acero no debe considerarse como parte de la soldadura o refuerzo de la soldadura en la selección del IQI.

Tabla 22. Selección y colocación IQI.

Tipos de IQI	T igual ≥ 10 pulg. [250mm] L		T igual < 10 pulg. [250mm] L		T desigual ≥ 10 pulg. [250mm] L		T desigual < 10 pulg. [250mm] L	
	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre	Agujero	Alambre
Numero de IQIs								
No Tubulares	2	2	±1	1	3	2	2	1
Circunferencia de Tubo	3	3	3	3	3	3	3	3
Selección Estándar ASTM-	E 1025	E 747	E 1025	E 747	E 1025	E 747	E 1025	E 747
Tabla	19	20	19	20	19	20	19	20
Figuras	44		45		46		47	

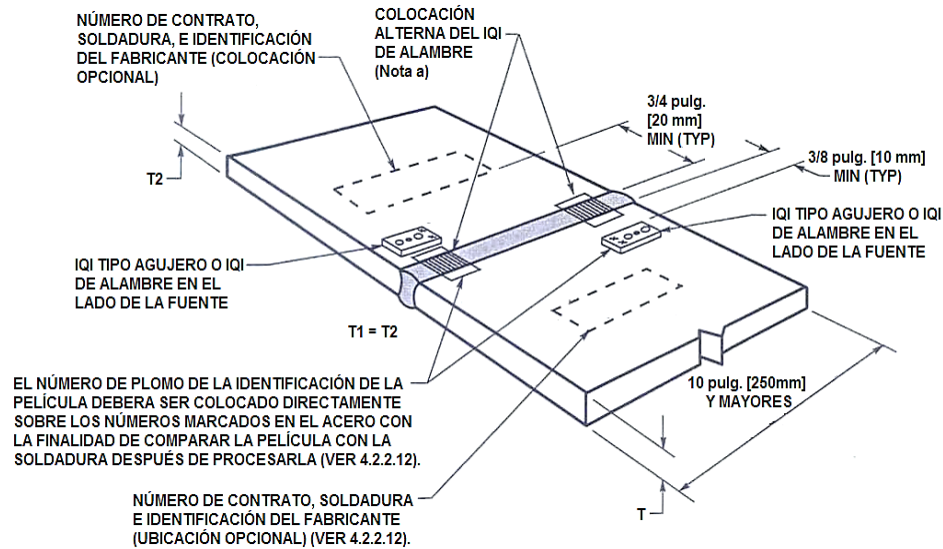
Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

T = Espesor nominal del metal base (T1 y T2 de las figuras).

L = Longitud de la soldadura en el área de interés de cada radiografía.

Nota: T puede ser incrementado para proporcionar el espesor de refuerzo de soldadura permisible siempre que se unen cuñas debajo de los IQI de agujero según 4.2.2.3 (Sobremonta).

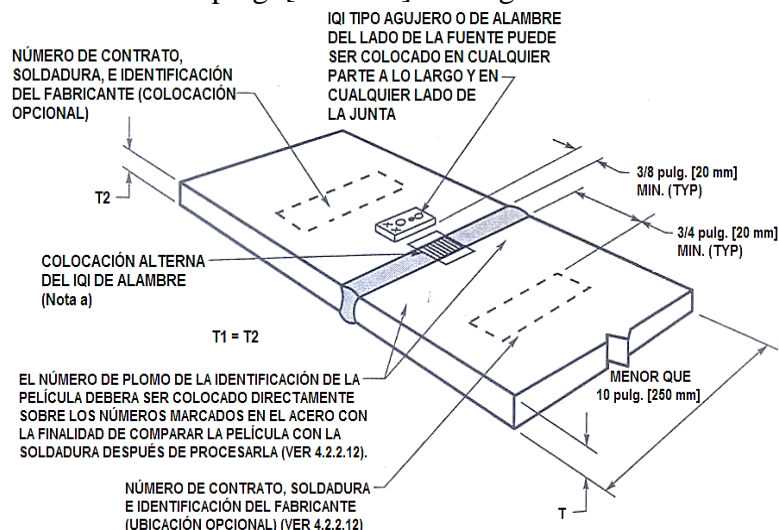
Figura 44. Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero o de alambre en juntas de aproximadamente espesores iguales de 10 pulg. [250 mm] y mayores en longitud.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- ^a Colocación alterna del IQI del lado de la fuente permitida para aplicaciones tubulares y otras aplicaciones cuando sea aprobada por el Ingeniero.

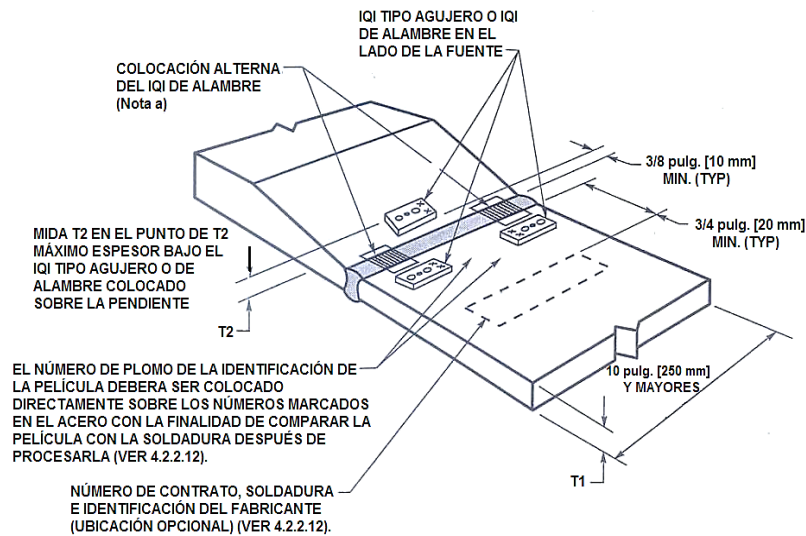
Figura 45. Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero o de alambre en juntas de aproximadamente espesores iguales menores de 10 pulg. [250 mm] en longitud.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- ^a Colocación alterna del IQI del lado de la fuente permitida para aplicaciones tubulares y otras aplicaciones cuando sea aprobada por el Ingeniero.

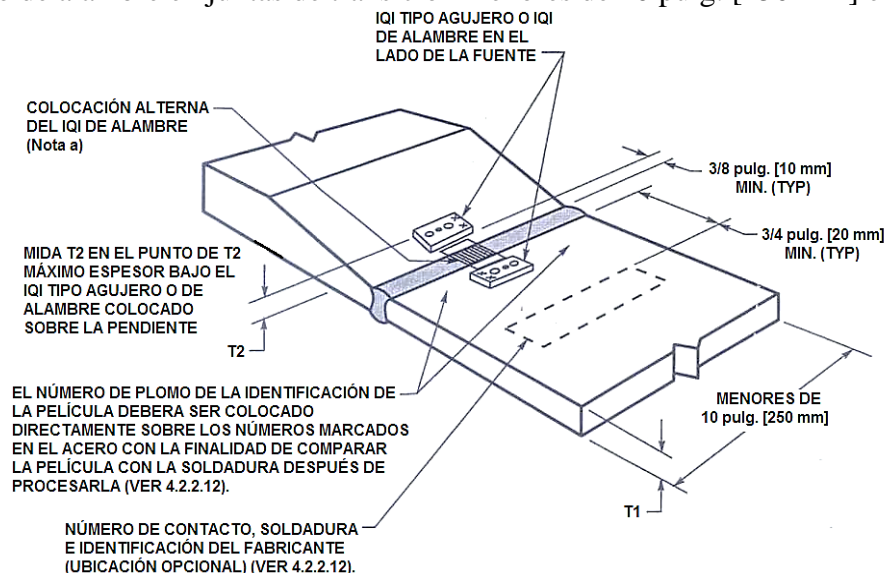
Figura 46. Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero en juntas de transición de 10 pulg. [250 mm] y mayores en longitud.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Colocación alterna del IQI del lado de la fuente permitida para aplicaciones tubulares y otras aplicaciones cuando sea aprobada por el Ingeniero.

Figura 47. Identificación del ensayo radiográfico (RT) y ubicaciones del IQI tipo agujero o de alambre en juntas de transición menores de 10 pulg. [250 mm] en longitud.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a Colocación alterna del IQI del lado de la fuente permitida para aplicaciones tubulares y otras aplicaciones cuando sea aprobada por el Ingeniero.

4.2.2.8 Técnica. Las juntas soldadas deberán ser radiografiadas y la película indicada por los métodos que proveerán una inspección completa y continua de la junta dentro de los límites especificados para ser examinados. Los límites de junta deberán ser mostrados claramente en la radiografía. La película corta, las pantallas cortas, el acceso de socavación o la radiación esparcida, o cualquier otro proceso que oscurezca porciones de la longitud total de la soldadura deberán definir la radiografía como inaceptable.

- *Longitud de la película.* La película deberá tener una longitud suficiente y deberá ser ubicada para proporcionar un mínimo de ½ pulg. [12 mm] de filme más allá del borde proyectado de la soldadura.
- *Traslape de película.* Las soldaduras más largas de 14 pulg. [350 mm] pueden ser radiografiadas traslapando los casetes de la película y haciendo una sola exposición, o usando casetes individuales de película y haciendo exposiciones separadas. Deberán aplicar las provisiones del 4.2.2.5.
- *Retrodispersión.* Para verificar radiación y retrodispersión, el símbolo del plomo “B”, ½ pulg. [12 mm] altura, 1/16 pulg. [2 mm] espesor, deberá ser anexado a la parte trasera de cada casete de película. Si la imagen “B” aparece en la radiografía, deberá ser considerada como inaceptable.

4.2.2.9 Ancho de la película. El ancho de la película deberá ser suficiente para representar todas las porciones de la junta soldada, incluyendo las HAZ, y deberá proporcionar espacio adicional suficiente para el IQI tipo agujero o IQI de alambre requerido e identificación de la película sin infringir sobre el área de interés en la radiografía.

4.2.2.10 Calidad de las radiografías. Todas las radiografías deberán estar libres de imperfecciones mecánicas, químicas, u otras al grado que no se puedan encubrir o ser confundidas con la imagen de cualquier discontinuidad en el área de interés de la radiografía. Dichas imperfecciones incluyen pero no se limitan a las siguientes:

- Empañamiento
- Defectos del proceso como rayas, marcas de agua o manchas químicas.
- Ralladuras, marca de dedos, arrugas, suciedad, marcas de estática, manchones,

borrones, o roturas.

- Perdida del detalle debido al contrato sobre la pantalla con la película.
- Indicaciones falsas debido a pantallas defectuosas o fallas internas.

4.2.2.11 Limitaciones de densidad. La densidad de la película transmitida a través de la imagen radiográfica del cuerpo del IQI tipo agujero requerido, y el área de interés deberá ser como mínimo 1,8 para la vista simple de una película para radiografías hechas de una fuente de rayos X y como mínimo 2,0 para radiografías hechas con una fuente de rayos gamma. Para vistas compuestas de exposiciones de doble película, la densidad mínima deberá de ser de 2,6. Cada radiografía de un grupo compuesto deberá tener un mínimo de densidad de 1,3. La densidad mínima deberá de ser 4,0 ya sea para la vista simple o compuesta.

- *Densidad H&D.* La densidad medida deberá ser densidad H&D (densidad radiográfica), la cual es una medida de oscurecimiento de la película expresada como:

$$D = \log I_0/I$$

Dónde:

D = densidad H&D (radiográfica),

I_0 = intensidad de luz en la película, y

I = luz transmitida a través de la película.

- *Transiciones.* Cuando las transiciones soldadas en espesor son radiografiadas y la tasa del espesor de la sección más gruesa al espesor de la sección más delgada es 3 o mayor, las radiografías deberán ser expuestas para producir densidades individuales de la película de 3,0 a 4,0 en la sección más delgada. Cuando esto se realice, los requerimientos mínimos de densidad del 4.2.2.11 deberán ser absueltos a no ser que se estipule lo contrario en los documentos del contrato.

4.2.2.12 Marcas de identificación. Las marcas de identificación de una radiografía y dos marcas de identificación de ubicación, deberán ser ubicadas en el acero en cada ubicación de radiografía.

Una marca de identificación de la radiografía correspondiente y las 2 marcas de identificación de ubicación, todas las que se deben mostrar en la radiografía, deberán ser producidas ubicando números o letras de plomo, o ambas, sobre cada una de las marcas idénticas de identificación y ubicación hechas en el acero para proporcionar los medios y comparar la radiografía revelada a la soldadura.

La información adicional de identificación puede ser pre impresa a no menos de $\frac{3}{4}$ pulg. [20 mm] del borde de la soldadura o deberá ser producida en la radiografía ubicando figuras de plomo sobre el acero.

La información requerida a mostrar en la radiografía deberá incluir la identificación del contrato del propietario, iniciales de la compañía RT, iniciales del fabricante, número de orden de compra del fabricante, marca de identificación radiográfica, la fecha, y el número de reparación de la soldadura, si aplica.

4.2.2.13 Bloques de borde. Los bloques de borde, deberán ser utilizados cuando se radiografíen las soldaduras a tope mayores a $\frac{1}{2}$ pulg. [12 mm] de espesor. Los bloques de borde deberán tener una longitud suficiente para extenderse más allá de cada lado de la línea central de soldadura a un mínimo de distancia igual al espesor de la soldadura, pero a no menos de 2 pulg. [50 mm].

Y deberán tener un espesor igual a o mayor al espesor de la soldadura, el ancho mínimo de los bloques de borde, deberá ser igual a la mitad del espesor de la soldadura, pero no menos de 1 pulg. [25 mm].

Los bloques de borde deberán ser centrados en la soldadura contra la placa a ser radiografiada, permitiendo un espacio no mayor a $\frac{1}{16}$ pulg. [2 mm] para el mínimo de longitud especificada de los bloques de borde.

Los bloques de borde deberán ser hechos de acero radiográficamente limpios y la superficie deberá tener un acabado de ANSI 125 μ pulg. [3 mm] o más liso (ver figura 48).

Diagrama de detalle de la junta de soldadura entre bloques de hormigón. El diagrama muestra una sección transversal de dos bloques de hormigón unidos por una soldadura de refuerzo. Las dimensiones y especificaciones son las siguientes:

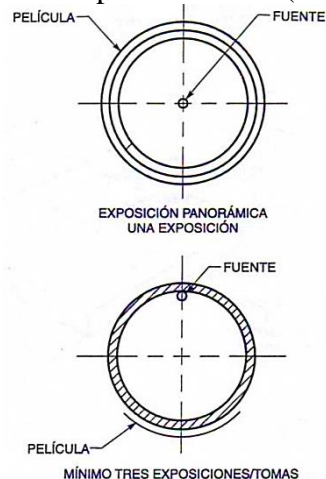
- ESPACIO MIN 0 pulg. ESPACIO MAX 1/16 pulg. [2 mm]**: Espesor mínimo y máximo de la soldadura.
- ≥ T (2 pulg. [50 mm] MIN.)**: Dimensiones de los bloques de hormigón adyacentes a la junta.
- ≥ T (2 pulg. [50 mm] MIN.)**: Dimensiones de los bloques de hormigón adyacentes a la junta.
- ≥ T**: Dimensiones de los bloques de hormigón adyacentes a la junta.
- T (> 1/2 pulg. [12 mm])**: Espesor de la soldadura.
- BLOQUE DE BORDE**: Etiqueta para el bloque de hormigón de borde.
- ≥ T/2 (1 pulg. [25 mm] MIN.)**: Dimensiones de los bloques de hormigón adyacentes a la junta.

Nota: T = Espesor de soldadura max. en la junta.

4.2.3 *Requerimientos suplementarios RT para conexiones tubulares*

- *Exposición de una pared/una imagen.* La fuente de la radiación deberá ser ubicada dentro de la tubería y la película en el exterior de la tubería (ver figura 49). La exposición panorámica puede ser realizada si los requerimientos de la fuente a objeto son cumplidos, si no, un mínimo de tres exposiciones deberá ser hecho. El IQI puede ser seleccionado y ubicado en el lado de la fuente de la tubería. Si no se puede realizar, puede ser ubicado en el lado de la película de la tubería.

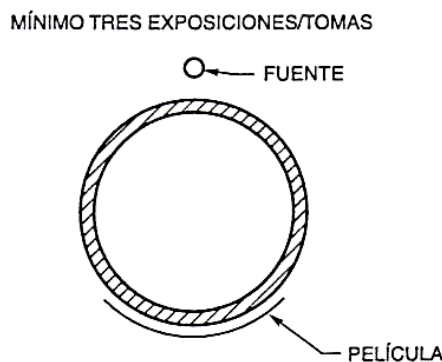
Figura 49. Exposición de una pared-sencilla (vista de la pared sencilla).



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Exposición de doble pared/una imagen.* Cuando el acceso a las condiciones geométricas prohíban la exposición de una pared, la fuente puede ser ubicada en el exterior de la tubería y la película en la pared externa o puesta de la tubería (ver figura 50). Un mínimo de tres exposiciones son requeridas para abarcar la circunferencia completa. El IQI, puede ser seleccionado y ubicado en el lado de la película de la tubería.

Figura 50. Exposición de doble-pared (vista de la pared sencilla).

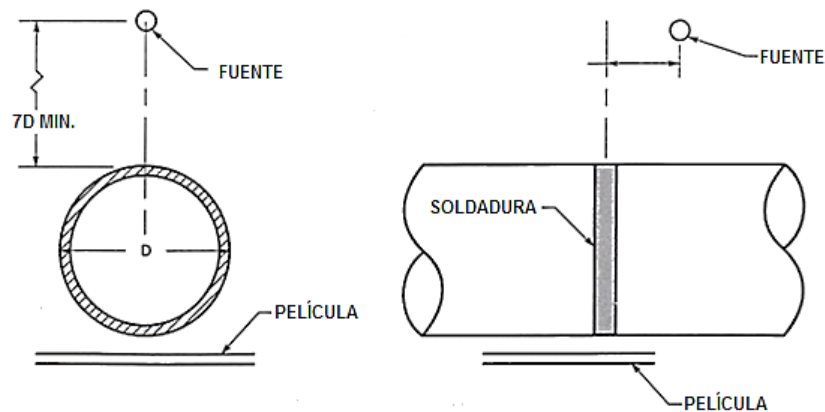


Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Exposición doble pared/doble imagen.* Cuando el diámetro exterior de la tubería es 3-1/2 pulg. [90 mm] o menor, ambos, la soldadura del lado de la fuente y del lado de la película podrán ser proyectadas en la película y ambas paredes vistas para su aceptación, la fuente de la radiación deberá estar separada de la tubería

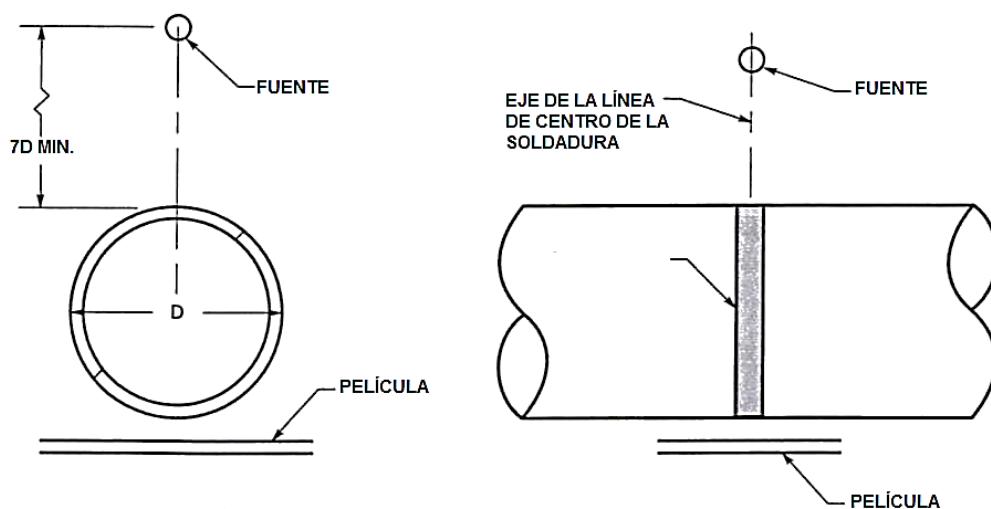
por una distancia de al menos siete veces el diámetro externo, el haz de radiación deberá estar separado del plano de la línea central de la soldadura en un ángulo suficiente para separar las imágenes de las soldaduras del lado de la fuente y el lado de la película, no deberá haber traslape de las dos zonas interpretadas, se requerirán un mínimo de dos exposiciones de 90° entre ellas (ver figura 51). La soldadura puede ser también radiografiada al superponer las dos soldaduras, en cuyo caso deberán un mínimo de tres exposiciones con 60° entre ellas (ver figura 52), en cada una de esas dos técnicas, el IQI deberá ser ubicado en el lado de la fuente de la tubería.

Figura 51. Exposición de doble pared-perspectiva (elíptica) de doble pared, dos exposiciones mínimas.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Figura 52. Exposición de doble pared-perspectiva de doble pared, tres exposiciones mínimas.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

4.2.4 *Evaluación, reporte y disposición de radiografías*

4.2.4.1 *Equipo proporcionado por el contratista.* El contratista deberá proporcionar un negatoscopio de intensidad variable (visor) con repaso de puntos o capacidad de revisión de puntos ocultos, el visor deberá incorporar el medio para ajustar el tamaño del punto a ser examinado, además, deberá tener capacidad suficiente para iluminar de forma adecuada las radiografías con una densidad H&D de 4,0. La revisión de la película deberá realizarse en un área de luz tenue.

4.2.4.2 *Reportes.* Antes de que una soldadura sea sujeta a RT por el contratista para que el propietario la acepte, todas sus radiografías incluyendo aquellas que muestren calidad inaceptable previa reparación y un reporte interpretándolas deberán ser enviadas al inspector de verificación.

4.2.4.3 *Retención de registros.* Se deberá enviar al propietario una vez completado el trabajo, un set completo de radiografías de soldaduras sujetas a RT por el contratista para el propietario; incluyendo aquellas que muestren una calidad inaceptable previa a la reparación, la obligación del contratista de conservar las radiografías deberá cesar cuando:

- A la entrega del set completo al propietario,
- Pasado un año entero después del término del trabajo del contratista, siempre que el propietario haya sido notificado previamente de forma escrita.

4.3 **Ensayo ultrasónica (UT) de soldaduras de canal.**

4.3.1 *General*

4.3.1.1 *Procedimientos y estándares.* Los procedimientos y estándares que se establezcan en esta parte, deberán de gobernar el UT de las soldaduras del canal y HAZs de los espesores de 5/16 pulg y 8 pulg [8 mm y 200 mm] exclusive, cuando dicha prueba sea requerida por el 4.1.7. Para los espesores menores de 5/16 pulg. [8 mm], o mayores que 8 pulg. [200 mm], el ensayo deberá ser realizado en conformidad con el

anexo D. Estos procedimientos y estándares deberán ser prohibidos para los ensayos de conexión T-, Y- o K- de tubo a tubo.

4.3.1.2 Variaciones. El anexo D es un ejemplo de técnica alternativa para realizar la evaluación UT para soldaduras de canal, las variaciones en el procedimiento de prueba, equipo y estándares de aceptación no incluidos en esta parte pueden ser utilizadas con la aprobación del ingeniero, dichas variaciones incluyen otros espesores, geometrías soldadas, tamaños de transductores, frecuencias, acoplante, superficies pintadas, técnicas de prueba, etc. dichas variaciones aprobadas deberán ser registradas en los registros del contrato.

4.3.1.3 Porosidad de tubería. Para detectar la posible porosidad de tuberías, se recomienda RT para suplementar UT de soldaduras ESW o EGW.

4.3.1.4 Metal base. Estos procedimientos no tienen como propósito ser utilizados para contratación de pruebas de metales base. Sin embargo, las discontinuidades relacionadas con la soldadura (fisuras, desgarro laminar, laminaciones), en el metal base adyacente que no serían aceptables bajo las provisiones del código, deberán ser reportadas al ingeniero para su prestación.

4.3.2 Requerimientos de calificación. Para satisfacer los requerimientos del 4.1.7.6. La calificación del operador UT deberá incluir un examen práctico y específico que deberá estar basado en los requerimientos especificados en el código. Este examen deberá requerir en el operador UT demuestre la habilidad de aplicar las reglas del código en la detección certera y disposición de discontinuidades.

4.3.3 Equipo UT.

4.3.3.1 Requerimientos de equipo. El instrumento UT deberá ser del tipo pulso eco adecuado para usar con transductores que oscilen en frecuencia entre 1 y 6 Hertz. La pantalla deberá ser un escáner rectificado de video “A”.

4.3.3.2 Linealidad horizontal. La linealidad horizontal de instrumentos de prueba deberá ser calificada bajo la distancia del sonido completa a ser utilizada en el ensayo en conformidad con 4.3.11.1.

4.3.3.3 *Requerimientos para los instrumentos de prueba.* Los instrumentos de prueba deberán incluir estabilización interna para que después del calentamiento no ocurra una variación entre respuesta mayor a 1 dB, con un cambio de voltaje de 15% nominal en la fuente o, en el caso de una batería a través de la carga de vida operacional. Deberá existir una alarma o medidor que indique una caída en el voltaje de la batería previa al apagado de un instrumento debido al agotamiento de la batería.

4.3.3.4 *Calibración de los instrumentos de prueba.* El instrumento de prueba deberá tener un control de aumento calibrado (atenuador) ajustable en pasos discretos de 1 o 2 dB en un rango de al menos 60 dB. La certeza de los valores del atenuador deberá ser dentro de 1 dB adicional o menor. El procedimiento para la calificación deberá ser como se describe en 4.3.5.2 y 4.3.11.2.

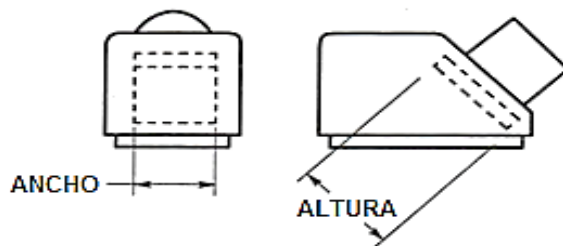
4.3.3.5 *Rango de pantalla.* El rango dinámico de la pantalla del instrumento deberá ser tal que una diferencia de 6 dB de amplitud pueda ser detectada de forma fácil en la pantalla.

4.3.3.6 *Unidades de búsqueda haz recto (onda longitudinal).* Los transductores de unidades de búsqueda de Haz recto (onda longitudinal) deberá tener una área activa no menor a $\frac{1}{2}$ pulg². [3,23 mm²] ni más de 1 pulg². [645 mm²] el transductor deberá ser redondo o cuadrado. Los transductores deberán ser capaces de resolver las tres reflexiones como se describe en el 4.3.10.1 (Resolución).

4.3.3.7 *Unidades de búsqueda de haz angular.* Las unidades de búsqueda de Haz angular, deberá consistir de un traductor a una zapata angular, la unidad puede consistir de dos elementos separados o puede ser una unidad integral.

- *Frecuencia.* La frecuencia del transductor deberá ser entre 2 y 2,5 MHz, exclusivo.
- *Dimensiones de transductor.* El cristal del transductor deberá ser de forma cuadrada o rectangular y puede variar de 5/8 pulg a 1 pulg [15 a 25 mm] de ancho y de 5/8 a 13/16 pulg [15 a 20 mm] de altura (ver figura 53). La tasa máxima de ancho a altura deberá ser 1,2 a 1,0 y la tasa mínima de ancho a altura deberá ser de 1,0 a 1,0.

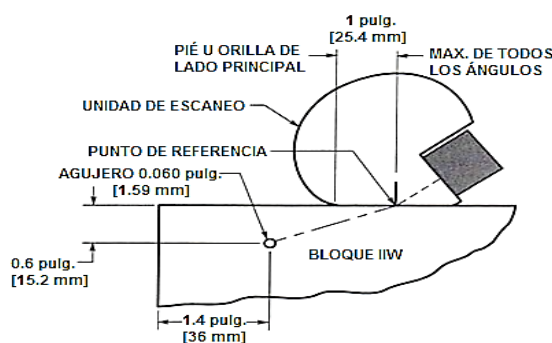
Figura 53. Cristal del transductor.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Ángulos.* La unidad de búsqueda deberá producir un Haz de sonido en el material a ensayar dentro de más o menos 2° de uno de los siguientes ángulos adecuados: 70°, 60°, o 45° como se describe en 4.3.10.2 (Ángulo).
- *Marcas.* Cada unidad de búsqueda deberá ser marcada para indicar de forma clara la frecuencia del transductor, Angulo nominal de refracción y punto índice. El procedimiento de la ubicación del punto índice se describe en 4.3.10.2 (Punto índice).
- *Reflexiones internas.* Las reflexiones internas máximas permitidas de la unidad de búsqueda deben ser como se describen en 4.3.5.3.
- *Distancia del Borde.* Las dimensiones de la unidad de búsqueda deberán ser tales que la distancia del borde frontal de la unidad de búsqueda al punto índice no excedan 1 pulg. [25 mm].
- *Bloqueo de tipo IIW.* El procedimiento de calificación utilizando el bloque de referencia IIW u otro bloque de tipo IIW deberá estar en conformidad con 4.3.10.2 (Distancia de aproximación de la unidad de búsqueda) y como se muestra en la figura 54.

Figura 54. Procedimiento de calificación de la unidad de escaneo utilizando el cuadro de referencia IIW.

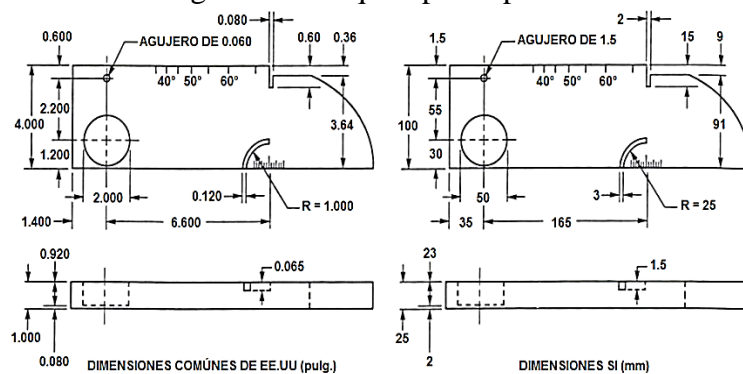


Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

4.3.4 Estándares de referencia

4.3.4.1 Estándar IIW. Cualquiera de los bloques de referencia tipo UT del *International Institute of Welding* (IIW), puede ser usado como el estándar para la calibración de distancia y sensibilidad, siempre que el bloque incluya el agujero de diámetro 0,060 pulg. [1,5 mm] como se demuestra en la figura 55, y características de verificación de distancia, resolución y ángulo de la figura 56 (posiciones A hasta la G). Los bloques de tipo IIW deben estar en conformidad con ASTM E 164. Otros bloques portátiles pueden ser utilizados, siempre que el nivel de referencia de sensibilidad para la combinación instrumento/unidad de búsqueda sea ajustado para ser el equivalente de aquel alcanzado con el bloque tipo IIW (ver el anexo E para ejemplos).

Figura 55. Bloque típico tipo IIW.

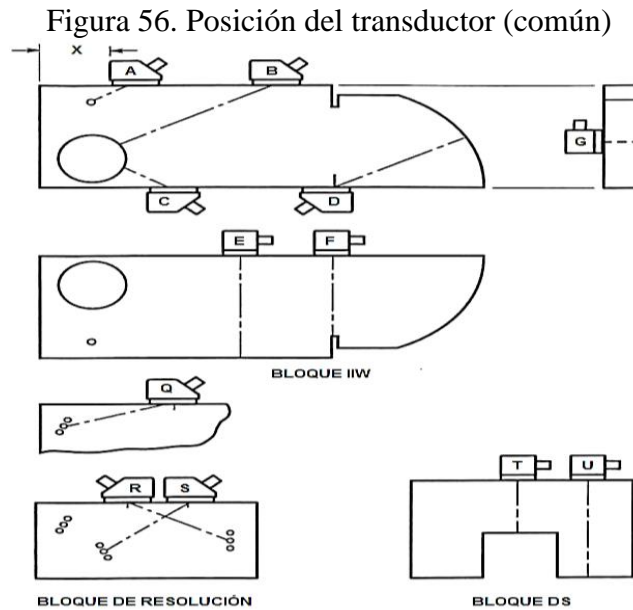


Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

- La tolerancia dimensional entre todas las superficies relacionadas en referencia o calibración, deben estar dentro de ± 0.005 pulg. [0.13 mm] de las dimensiones detalladas.
- El acabado de la superficie de todas las superficies a la cual se aplica o se refleja UT deberá tener un máximo de 125 μ pulg. [3.17 μ m] r.m.s.
- Todos los materiales deben ser ASTM A 36 o acústicamente equivalente.
- Todos los agujeros deben tener un acabado interno liso y deben ser perforados a 90° de material de superficie.
- Líneas de grados y marcas de identificación deben ser mellado en la superficie del material; de manera que la orientación permanente pueda ser mantenida.

- Estas notas deben aplicarse a todos los dibujos de las Figuras 4.14 y 4.16.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

4.3.4.2 Reflectores prohibidos. El uso de un reflector de “esquina” para los propósitos de calibración deberá ser prohibido.

4.3.4.3 Requerimientos de resolución. La combinación de la unidad de búsqueda y el instrumento deberán referenciar tres agujeros en el bloque de prueba de referencia de resolución RC mostrado en la figura 57. La posición de la unidad de búsqueda se describe en 4.3.10.2 (Resolución).

La resolución deberá ser evaluada con los controles de instrumento ajustados a las preferencias normales de prueba y con indicaciones de los agujeros llevados a la altura de la mitad de la pantalla. La resolución deberá ser la suficiente para distinguir al menos los picos de las indicaciones de los tres agujeros. El uso del bloque de referencia de resolución RC será prohibido. Cada combinación de instrumento de unidad de búsqueda (zapata y transductor) deberá ser revisada antes de su uso inicial.

La verificación de este equipo deberá ser realizada de forma inicial con cada unidad de búsqueda y combinación de unidad UT. La verificación no necesita ser revisada nuevamente siempre que se mantenga documentación que registre los siguientes ítems.

4.3.5 *Calificación del equipo*

4.3.5.1 *Linealidad horizontal.* La linealidad horizontal del instrumento de prueba deberá ser recalificada a intervalos de dos meses en cada uno de los rangos de distancias en los cuales el instrumento será utilizado. El procedimiento de calificación deberá estar en conformidad con 4.3.11.1 (ver anexo E para método alternativo).

4.3.5.2 *Control de ganancia.* El control de ganancia del instrumento (atenuador) deberá cumplir los requerimientos de 4.3.3.4 y la correcta calibración en intervalos de dos meses en conformidad con 4.3.11.2 deberá ser revisada. Los métodos alternos pueden ser utilizados para la calificación del control de ganancias calibrado (atenuador) si se prueba que es al menos equivalente con 4.3.11.2.

4.3.5.3 *Reflexiones internas.* Las reflexiones máximas internas de cada unidad de búsqueda deberán ser verificadas en un intervalo máximo de tiempo de 40 horas de uso del instrumento en conformidad con 4.3.11.3.

4.3.5.4 *Calibración de unidades de búsqueda de haz angular.* Con el uso de un bloque de calibración aprobado, se deberá de verificar cada unidad de búsqueda de Haz angular después de cada ocho horas de uso, para determinar que la superficie de contrato se encuentra plana, que el punto de entrada del sonido es el correcto y que el ángulo de Haz se encuentra dentro de la tolerancia permitida de más o menos 2°; en conformidad con 4.3.10.2 (Punto índice y Ángulo).

4.3.6 *Calibración para prueba.*

4.3.6.1 *Posición del control de rechazo.* Todas las calibraciones y ensayos, deberán ser realizadas con el control de rechazo (recorte o supresión) apagado. El uso de control de rechazo (recorte o supresión), puede alterar la linealidad de amplitud del instrumento e invalidar los resultados del ensayo.

4.3.6.2 *Técnica.* La calibración para sensibilidad y el barrido horizontal (distancia), deberán ser realizadas por el operador UT previo a y en la ubicación de prueba de cada soldadura.

4.3.6.3 Recalibración. La recalibración se deberá realizar posterior al cambio de operadores, cada intervalo de tiempo máximo de dos horas, o cuando el circuito electrónico sea perturbado de cualquier forma, incluyendo las siguientes:

- Cambio de transductor
- Cambio de batería
- Cambio de salida eléctrica
- Cambio de cable coaxial
- Corte de energía (falla)

4.3.6.4 Prueba de haz recto del metal base. La calibración para el ensayo de Haz recto del metal base, se deberá realizar con unidad de búsqueda aplicada a la cara A del metal base y como a continuación se indica:

- *Barrido.* El barrido horizontal se deberá ajustar para una calibración de distancia que presente el equivalente de al menos dos espesores de placa en la pantalla.
- *Sensibilidad.* La sensibilidad se deberá ajustar en una ubicación libre de indicaciones, para que el primer reflejo posterior del lado lejano de la placa sea de 50%-75% de la altura de la pantalla completa.

4.3.6.5 Calibración para el ensayo de haz angular. La calibración para el ensayo de Haz angular se deberá realizar como se indica a continuación (ver anexo E, E2.4 para método alterno).

- *Barrido horizontal.* El barrido horizontal se deberá ajustar para que se represente la distancia real de la trayectoria del sonido, utilizando el bloque tipo IIW o bloques alternos como se describen en 4.3.4.1. La calibración de distancia se deberá realizar utilizando la escala de 5 pulg. [125 mm] o 10 pulg. [250 mm] en la pantalla, cual sea la apropiada. sin embargo, si la configuración de la junta o el espesor restringen la evaluación completa de la soldadura en cualquiera de sus valores, la calibración de distancia se deberá realizar utilizando la escala 15 pulg o 20 pulg [400 mm o 500 mm] según se requiera. La posición de la unidad de búsqueda se describe en 4.3.10.2 (Procedimiento de calibración de distancia).

Nota: la ubicación horizontal de todas las indicaciones en pantalla, está basada en la ubicación a la cual el lado izquierdo del rastro de la deflexión del trazo rompe la línea base horizontal.

- *Nivel de referencia cero.* La sensibilidad del nivel de referencia cero utiliza para la evaluación de discontinuidades (“b” en el reporte de prueba ultrasónico, anexo F, planilla F-11) deberá ser alcanzado ajustando el control de ganancia calibrado (atenuador) del detector de discontinuidad, cumpliendo con los requerimientos de 4.3.3, para que la deflexión maximizada del trazo horizontal (ajustado a la altura de la línea de referencia horizontal con control de ganancia calibrado [atenuador]), resulte en la pantalla entre el 40% y 60% de la altura de la pantalla, en conformidad con 4.2.10.2 (Procedimiento para calibración de amplitud o sensibilidad).

4.3.7 *Procedimientos de pruebas*

4.3.7.1 *Línea “X”.* Las líneas “X” para la ubicación de la discontinuidad, se deberá marcar en la superficie de prueba de la soldadura en una dirección paralela al eje de soldadura, la distancia de ubicación perpendicular al eje de soldadura, se deberá basar en la figuras dimensionales en el dibujo detallado, usualmente cae en la línea central de las soldaduras de juntas a tope y siempre cae en la cara cercana del miembro que conecta soldadura en T y juntas esquina (la cara opuesta a la cara C).

4.3.7.2 *Línea “Y”.* Una “Y” acompañada del número de identificación de soldadura, deberá ser marcada de forma clara en el metal base adyacente a la soldadura sujeta a UT. Se utiliza esta marca para los siguientes propósitos:

- Identificación de soldadura
- Identificación de cara A
- Medidas de distancia y dirección (+ o -) desde la línea “X”
- Medidas de ubicación de los extremos o bordes de la soldadura.

4.3.7.3 *Limpieza.* Todas las superficies en la cual se aplica una unidad de búsqueda; deberán encontrar libres de salpicaduras de soldadura, suciedad, grasa, aceite (distinto al

utilizarlo como acoplante), pintura y óxidos, deberán tener un control que permita un acoplamiento íntimo.

4.3.7.4 Acoplante. El material acoplante deberá ser utilizado entre la unidad de búsqueda y el material de prueba, el acoplante deberá ser glicerina o resina de celulosa y mezcla de agua para una consistencia adecuada, se puede agregar el agente humidificador en caso de ser necesario, el aceite ligero de máquinas puede ser utilizado para acoplantes en bloques de calibración.

4.3.7.5 Amplitud de prueba. El metal base entero por el cual el ultrasonido debe viajar para probar la soldadura deberá ser evaluado para reflectores laminares utilizando una unidad de búsqueda de Haz recto en conformidad con los requerimientos de 4.3.3.6, y calibrada conforme a 4.3.6.4. Si, cualquier área del metal base muestra una pérdida total de reflexión posterior o que una indicación igual o mayor que la altura original de reflexión posterior se encuentra ubicada en una posición en la cual interfiera con el proceso normal de escaneo de la soldadura, su tamaño, ubicación y profundidad de la cara A; se deberá determinar y reportar en el reporte UT, así como también se utilizará un proceso de escaneo de soldadura alterno.

- *Tamaño de reflector.* El procedimiento de evaluación del tamaño de reflector, deberá estar en conformidad con 4.3.12.1.
- *Inaccesibilidad.* Si parte de una soldadura es inaccesible para los ensayos en conformidad con los requerimientos de la tabla 22, debido a un contenido laminar registrado en conformidad con 4.3.7.5, el ensayo se deberá llevar a cabo utilizando uno o más de los procedimientos alternos para así lograr la cobertura completa de la soldadura:

La(s) superficie(s) soldada(s) deberán ser niveladas al ras en conformidad con AWS D1.1/D1.1M:2010 5.24.3.1.

Se deberán realizar Los ensayos de las caras A y B

Se deberán utilizar otros ángulos de unidad de búsqueda.

Tabla 23. Ángulo de ensayo

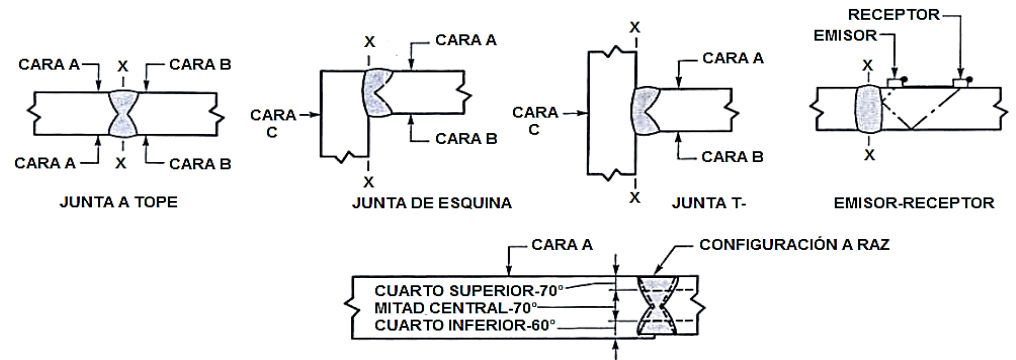
Tabla de Procedimientos									
Espesor de Material, pulg. [mm]									
Aplicación	5/16 [8] A 1-1/2 [38]	>1-1/2 [38] a 1-3/4 [45]	>1-3/4 [45] A 2-1/2 [60]	>2-1/2 [60] a 3-1/2 [90]	>3-1/2 [90] A 4-1/2 [110]	>4-1/2 [110] a 5 [130]	>5 [130] a 6-1/2 [160]	>6-1/2 [160] a 7 [180]	>7 [180] a 8 [200]
	*	*	*	*	*	*	*	*	*
<u>Junta a Tope</u>	1 O	1 F	1G o F 4	1G o F 5	6 o F 7	8 o F 10	9 o F 11	12 o F 13	12 F
<u>Junta T-</u>	1 O	F o XF	F o XF	F o XF	F o XF	F o XF	F o XF	F o XF	— —
<u>Junta de Esquina</u>	1 O	F o XF	1G o F 4 XF	1G o F 5 XF	6 o F 7 XF	8 o F 10 XF	9 o F 11 XF	13 o F 14 XF	— —
<u>Soldaduras ESW/EGW</u>	1 O	1 O	1G o 1** 4	1G o P3 3 P3	6 o P3 7	11 o P3 15	11 o P3 15	11 o P3 15	11 O P3 15**
 <p>Diagramas de configuración de ensayo para juntas a tope, de esquina, T, y configuración a raz con emisores y receptores.</p>									
ÁNGULO DE ENSAYO									
Leyenda:									
X	Chequear desde la cara "C".								
G	Cara de soldadura granulada al ras.								
O	No se requiere.								
Cara A	La cara del material desde el cual se realiza el barrido inicial (en las juntas T- o esquina), seguir los esquemas de arriba.								
Cara B	Opuesta a la cara "A" (la misma chapa).								
Cara C	La cara opuesta de la soldadura en el miembro que conecta o una junta T- o de esquina.								
*	Se requiere solo donde se nota la altura de la indicación de referencia de discontinuidad en el monitor en la interface metal de soldadura—metal base mientras se busca en el nivel de inspección con los procedimientos principales, seleccionados de la primer columna.								
**	Usar distancia de calibración de monitor de 15 pulg. [400 mm] y 20 pulg. [500 mm].								
P	Se utilizara la técnica con dos unidades de escaneo, emisor y receptor, para una evaluación adicional de discontinuidades únicamente en la mitad central del espesor del material solo con unidades de escaneo de 45° o 70° de igual especificación, ambos de cara a la soldadura. (Las unidades de escaneo deben ser mantenidos en un elemento de fijación para control de posición—ver esquema). La amplitud de calibración para emisión y recepción se hace normalmente en un único equipo. Cuando se cambia a unidades de escaneo duales para la inspección de emisión y recepción, se debe asegurar que esa calibración no cambie como resultado de las variables del instrumento.								

Tabla 23 (Continuación)

F	Las indicaciones de la interface metal de soldadura—metal base deberán ser evaluadas tanto con transductores de 70°, 60° o 45°—aquel donde la trayectoria de haz esté más cerca o sea perpendicular a la sección de fusión sospechada.		
	Leyenda de Procedimientos		
Área de Espesor de Soldadura			
N°	Cuarto Superior	Mitad Central	Cuarto Inferior
1	70°	70°	70°
2	60°	60°	60°
3	45°	45°	45°
4	60°	70°	70°
5	45°	70°	70°
6	70°G A	70°	60°
7	60° B	70°	60°
8	70°G A	60°	60°
9	70°G A	60°	45°
10	60° B	60°	60°
11	45° B	70°**	45°
12	70°G A	45°	70°G B
13	45° B	45°	45°
14	70°G A	45°	45°
15	70°G A	70°A B	70°G B

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

- Donde sea posible, todos los ensayos se deben realizar desde la cara A y en el trayecto ultrasónico (TU) 1, salvo que se especifique.
- Las áreas de raíz de las soldaduras en juntas con un solo bisel que tienen refuerzo que no requiere ser quitado por contrato, deben ser ensayados en el TU 1, donde sea posible, con la Cara A siendo la opuesta al refuerzo. (Puede ser necesario amolar la cara de la soldadura o ensayar desde caras de soldadura adicionales para permitir una inspección completa de la raíz de la soldadura).
- El ensayo en el TU II o TU III debe hacerse sólo para satisfacer las disposiciones de esta tabla o cuando sea necesario para ensayar áreas de soldaduras hechas inaccesibles por una superficie de soldadura no configurada, o interferencias con otras partes de la construcción soldada, o alcanzar los requerimientos de 4.3.7.6 (Juntas a tope).
- Debe usarse TU III sólo donde el espesor o geometría no permita la inspección del área completa de las soldaduras, y zonas afectadas por el calor (HAZ) en TU I o TU II.
- En las soldaduras a la tracción en estructuras cargadas cíclicamente, el espesor del cuarto superior debe ser ensayado con el palpador avanzando desde la Cara B hacia la Cara A, el espesor del cuarto de abajo debe ser ensayado con el palpador

avanzando desde la Cara A hacia la Cara B; por ejemplo: el espesor del cuarto superior debe ser ensayado tanto de la Cara A en el TU II o desde la Cara B en el TU I según la opinión del contratista.

- La cara de soldadura indicada debe estar configurada a ras antes de usar el procedimiento 1G, 6, 8, 9, 12. La Cara A de ambos componentes unidos deben estar en el mismo plano.

4.3.7.6 Pruebas de soldaduras. Las soldaduras se deberán probar una unidad de búsqueda de Haz angula, en conformidad con los requerimientos de 4.3.3.7 y con instrumento calibrado en conformidad con 4.3.6.5 utilizando el ángulo como se encuentra en la tabla 22. Durante los ensayos y la calibración siguiente, el único ajuste de instrumento permitido es el nivel de sensibilidad con el contrato de ganancia calibrado (atenuador). El control de rechazo (recorte o supresión) deberá estar apagado.

Tabla 24. Criterio UT de aceptación-rechazo

Clase de Severidad de Discontinuidad ^a	Tamaño de soldadura ^a en pulgadas [mm] y ángulo de unidad de búsqueda										
	5/16 hasta 3/4	>3/4 hasta 1-1/2									
	[8-20]	[20-38]	> 1-1/2 hasta 2-1/2 [38-65]			> 2-1/2 hasta 4 [65-100]			> 4 hasta 8 [100-200]		
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°
Clase A	+5 & menor	+2 & menor	-2 & menor	+1 & menor	+3 & menor	-5 & menor	-2 & menor	0 & menor	-7 & menor	-4 & menor	-1 & menor
Clase B	+6	+3	-1 0	+2 +3	+4 +5	-4 -3	-1 0	+1 +2	-6 -5	-3 -2	0 +1
Clase C	+7	+4	+1 +2	+4 +5	+6 +7	-2a +2	+1 +2	+3 +4	-4 a +2	-1a +2	+2 +3
Clase D	+8 & mayor	+5 & mayor	+3 & mayor	+6 & mayor	+8 & mayor	+3 & mayor	+3 & mayor	+5 & mayor	+3 & mayor	+3 & mayor	+4 & mayor
Clase A (discontinuidades grandes)							Niveles de Escaneo/Exploración				
Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta la longitud).							Trayectoria ^b en pulg. [mm]			Referencia por Encima de Cero, dB	
Clase B (discontinuidades medias)											
Cualquier indicación en esta categoría que tenga una longitud mayor que 3/4 pulg. [20 mm] debe ser rechazado.							hasta 2-1/2 [65 mm]			14	
Clase C (discontinuidades pequeñas)							>2-1/2 hasta 5 [65-125 mm]			19	
Cualquier indicación en esta categoría que tenga una longitud mayor que 2 pulg. [50 mm] debe ser rechazado.							> 5 hasta 10 [125-250 mm]			29	
Clase D (discontinuidades menores)							> 10 hasta 15 [250-380 mm]			39	
Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta la longitud o ubicación en la soldadura. (Raúl Chávez, febrero 2010)							^b Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, No al espesor del material				

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

^a El espesor de la soldadura debe definirse como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Notas:

- Las discontinuidades de Clase B deben estar separadas al menos por 2L, siendo L la longitud de la mayor discontinuidad, excepto cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos 2L, pero la longitud de las discontinuidades y su separación es igual o menor que la longitud máxima permisible bajo las disposiciones de las Clases B o C.
- Las discontinuidades de Clase B y C no deben comenzar a una distancia menor que 2L desde los finales de las soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo L el largo de la discontinuidad.
- Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con CJP con bisel doble, deben ser evaluadas usando una clasificación de la indicación 4 dB más sensible, que la descrita en 4.3.7.6.

Tabla 25. Criterio UT de aceptación-rechazo (conexiones no-tubulares cíclicamente cargadas)

Clase de Severidad de Discontinuidad ^a	Tamaño de soldadura ^a en pulgadas [mm] y ángulo de unidad de búsqueda											
	5/16 hasta 3/4 [8-20]	>3/4 hasta 1-1/2 [20-38]	> 1-1/2 hasta 2-1/2 [38-65]			> 2-1/2 hasta 4 [65-100]			> 4 hasta 8 [100-200]			
	70°	70°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	70°	60°	45°	
Clase A	+10 & menor	+8 & menor	+4 & menor	+7 & menor	+9 & menor	+1 & menor	+4 & menor	+6 & menor	-2 & menor	-1 & menor	+3 & menor	
Clase B	+11	+9	+5 +6	+8 +9	+10 +11	+2 +3	+5 +6	+7 +8	-1 0	+2 +3	+4 +5	
Clase C	+12	+10	+7 +8	+10 +11	+12 +13	+4 +5	+7 +8	+9 +10	+1 +2	+4 +5	+6 +7	
Clase D	+13 & mayor	+11 & mayor	+9 & mayor	+12 & mayor	+14 & mayor	+6 & mayor	+9 & mayor	+11 & mayor	+3 & mayor	+6 & mayor	+8 & mayor	
Clase A (discontinuidades grandes)							Niveles de Escaneo/Exploración					
Cualquier indicación en esta categoría debe ser rechazada (sin tener en cuenta la longitud).							Trayectoria ^b en pulg. [mm]			Referencia por Encima de Cero, dB		
Clase B (discontinuidades medias)												
Cualquier indicación en esta categoría que tenga una longitud mayor que 3/4 pulg. [20 mm] debe ser rechazada.							hasta 2-1/2 [65 mm]			20		
Clase C (discontinuidades pequeñas)							>2-1/2 hasta 5 [65-125 mm]			25		
Cualquier indicación en esta categoría que tenga una longitud mayor que 2 pulg. [50 mm] en la mitad central o ¾ pulg. [20 mm] en el cuarto superior o inferior del espesor de la soldadura debe ser rechazada.							> 5 hasta 10 [125-250 mm]			35		
Clase D (discontinuidades menores)							> 10 hasta 15 [250-380 mm]			45		
Cualquier indicación en esta categoría debe ser aceptada sin tener en cuenta la longitud o ubicación en la soldadura.							^b Esta columna se refiere a la distancia recorrida por el haz, No al espesor del material					

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

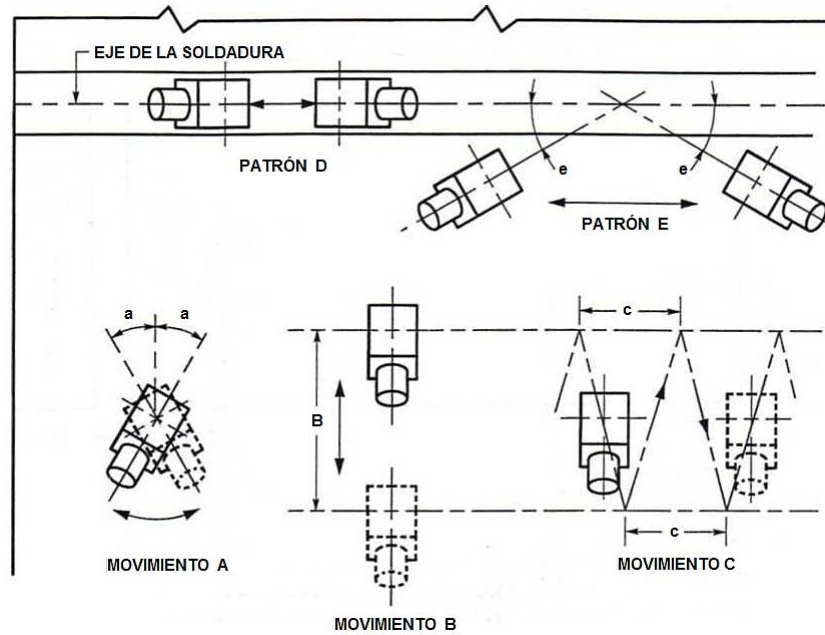
^a El espesor de la soldadura debe definirse como el espesor nominal del elemento estructural de menor espesor a ser unido.

Notas:

- Las discontinuidades de Clase B deben estar separadas al menos por $2L$, siendo L la longitud de la mayor discontinuidad, excepto cuando dos o más de tales discontinuidades no están separadas por al menos $2L$, pero la longitud combinado de las discontinuidades y su separación es igual o menor que la longitud máxima permisible bajo las disposiciones de las Clases B o C, la discontinuidad debe considerarse como una única discontinuidad aceptable.
- Las discontinuidades de Clase B y C no deben comenzar a una distancia menor que $2L$ desde los finales de soldaduras que soportan esfuerzos de tracción principales, siendo L el largo de la discontinuidad.
- Las discontinuidades detectadas en el área de la cara de la raíz en una soldadura con CJP con bisel doble, debe ser evaluada usando una clasificación de la indicación 4 dB más sensible, que el descrito en 4.3.7.6 (Clasificación de indicación), cuando tales soldaduras son indicadas como “soldadura bajo tracción” en los planos (restar 4 dB para el nivel de referencia “b”).
- *Escaneo.* El ángulo de prueba y el procedimiento de escaneo deberán estar en conformidad con aquellos mostrados en la tabla 22.
- *Juntas a tope.* Todas las soldaduras de Juntas a Tope se deberán probar de cada lado del eje de soldadura. Las soldaduras de esquina y juntas T, se deberán probar de forma primaria únicamente en un lado del eje de soldadura.

Todas las soldaduras se deberán probar usando el patrón a patrones de escaneo aplicables mostrado en la figura 58, según se necesite, para detectar tanto discontinuidades longitudinales como transversales, su intención es que, como mínimo, todas las soldaduras sean probadas al pasar un sonido a través del volumen total de la soldadura y la HAZ en dos direcciones que se cruzan, cual sea más práctico.

Figura 58. Vista de los patrones de escaneo de UT.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

- 1 Los patrones de ensayo son todos simétricos alrededor del eje de la soldadura con excepción del patrón D, el cual debe llevarse a cabo directamente sobre el eje de la soldadura.
 - 2 Los ensayos de ambos lados del eje de la soldadura deben hacerse donde mecánicamente sean posibles.
- *Indicación máxima.* Cuando la indicación de la discontinuidad aparezca en pantalla, la indicación máxima alcanzable de la discontinuidad deberá ser ajustada para producir un nivel de referencia horizontal de rastro de deflexión en la pantalla, este ajuste deberá ser hecho con el control de ganancia calibrado [atenuador], y la lectura del instrumento en decibeles será utilizando como “Nivel de Indicación, a” para calcular la “Clasificación de Indicación, d” como se muestra en el reporte de prueba (anexo F, plantilla F-11).
 - *Factor de atenuación.* El “factor de atenuación c” en el reporte de prueba, deberá ser alcanzado al sustraer 1 pulg. [25 mm] de la distancia de la trayectoria del sonido y multiplicando el resto por 2 para unidades americanas o por 0,08 para unidades SI. Este factor se deberá redondear al valor dB más cercano. Los valores

fraccionales menores ½ dB se deberán reducir al nivel más bajo dB, y aquellos de ½ dB mayores aumentados al nivel más alto.

- *Clasificación de indicación.* La “clasificación de indicación d” en el reporte UT, anexo F, plantilla F-11, representa la diferencia algebraica en decibels entre el nivel de indicación y el nivel de referencia con corrección por atenuación como se indica en las expresiones siguientes:

Instrumentos con ganancia en dB:

$$a - b - c = d$$

Instrumentos con atenuación en dB:

$$b - a - c = d$$

4.3.7.7 Longitud de discontinuidades. La longitud de discontinuidades, será determinada en conformidad con el procedimiento descrito en 4.3.12.2.

4.3.7.8 Bases para aceptación o rechazo. Cada discontinuidad de soldadura deberá ser aceptada o rechazada en base a su calificación de indicación y longitud en conformidad con la tabla 23 para estructuras cargadas estáticamente, o la tabla 24 para estructuras cargadas cíclicamente, cual sea que se aplique, solo aquellas discontinuidades que sean inaceptables, deberán ser registradas en el reporte de prueba excepto para aquellas soldaduras designadas en el documento de contrato como “Fracturas Críticas”; las clasificaciones aceptables que están dentro de 6 dB inclusive, de la clasificación mínima inaceptable deberán ser registradas en el reporte de prueba.

4.3.7.9 Identificación del área rechazada. Cada discontinuidad inaceptable, deberá ser indicada en la soldadura por una marca directamente sobre la discontinuidad en toda su longitud. La profundidad desde la superficie y la clasificación de indicación deberán ser anotadas cerca del metal base.

4.3.7.10 Reparación. Las soldaduras que sean inaceptables por UT deberán ser reparadas por los métodos permitidos por el 5.26 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010. Las áreas reparadas se deberán probar nuevamente de forma ultrasónica con los resultados tabulados en el formulario original (si hay disponible) o formatos de reporte adicional.

4.3.7.11 Reportes de re-evaluación. La evaluación de áreas reparadas soldadas y re-examinadas, deberá ser tabulada en una nueva línea en el formato del reporte. Si se utiliza el formato de reporte original, un R1, R2,... Rn deberá preceder el número e indicación. Si se utilizan formatos de reporte adicionales, el número R deberá preceder el número de reporte.

4.3.7.12 Refuerzo de acero. UT de soldadura de canal CJP con refuerzo de acero, deberá ser realizado con un procedimiento UT que reconozca los reflectores potenciales creados por la interferencia del refuerzo de metal base.

4.3.8 UT de conexiones tubulares T-, Y- y K-.

4.3.8.1 Procedimientos. Todo UT, deberá estar en conformidad con un procedimiento escrito que ha sido preparado o aprobado por un individuo certificado como CNT-TC-1 A, Nivel III, y con experiencia en UT de estructuras tubulares. El procedimiento se deberá basar en los requerimientos de esta sección, según aplique. El procedimiento deberá contener, como mínimo, la siguiente información respecto al método y técnicas UT:

- El equipo de configuración de la junta soldada a ser examinada (i.e. el rango de diámetro aplicable, espesor y ángulo local diedro). Las técnicas convencionales están generalmente limitadas a diámetros de 12-3/4 pulg. [325 mm] y mayores, espesores de 1/2 pulg. [12 mm] y mayores, y ángulos locales diedros de 30° o mayores. Las técnicas especiales para lados más pequeños pueden utilizarse, previendo que sea calificadas como se describe aquí, utilizando el tamaño más pequeño de la aplicación.
- Criterios de aceptación para cada tipo y tamaño de soldadura.
- Tipo de instrumento UT (marca y modelo).
- Frecuencia de traductor (unidad de búsqueda) tamaño y forma del área activa, ángulo del haz y tipo de zapata en transductores de haz angular. Los procedimientos que utilizan transductores con frecuencia de hasta 6 MHz, traducidos en un 1/4 pulg. [6 mm], y de formas distintas a las especificadas en otros lugares, pueden ser utilizadas, previendo que estén calificadas como aquí se describe.

- Preparación de superficie y acoplante (donde se requiera).
- Tipo de bloque de calibración y reflector de referencia.
- Método de calibración y precisión requerida para la distancia (barrido), linealidad vertical, espaciamiento del haz, ángulo, sensibilidad y resolución.
- Intervalo de recalibración para cada ítem en (7).
- Método para determinar la continuidad acústica del metal base (ver 4.3.8.4) y para establecer la geometría como una función del ángulo local diedro y el espesor.
- Padrón de escaneo y sensibilidad (ver 4.3.8.5)
- Corrección de transferencia para la curvatura de la superficie y rugosidad (donde los métodos de amplitud sean utilizados [ver 4.3.8.3]).
- Métodos para determinar el ángulo de haz efectivo (en material curvado), indicando el área de raíz, y ubicación de discontinuidades.
- Método para determinación de longitud y altura de la discontinuidad.
- Método de verificación de discontinuidad durante la excavación y reparación.

4.3.8.2 Personal. En adición a los requerimiento de personal de 4.1.7.6, cuando se realiza la evaluación de las conexiones T-, Y- y K-, se deberá requerir al operador que demuestre la habilidad para aplicar las técnicas especiales requeridas para dicho examen. Los ensayos prácticos de este propósito, se deberán realizar en soldaduras modelo que represente el tipo de soldadura a ser inspeccionadas, incluyendo un rango representativo de ángulos diedros y espesores que se encuentren en la producción, utilizando los procedimientos calificados y aprobados aplicables. Cada modelo deberá contener discontinuidades naturales o artificiales que produzcan las indicaciones UT por encima y por debajo de los criterios de rechazo especificados en el procedimiento aprobado.

El desempeño se juzgará en base a la habilidad del operador para determinar el tamaño y clasificación de cada discontinuidad con una precisión requerida para aceptar o rechazar cada soldadura y ubicar de forma precisa a lo largo de la soldadura y dentro de la sección transversal de la soldadura las discontinuidades inaceptables. El 70%, como mínimo, de las discontinuidades inaceptables deberán ser identificadas de forma correcta como inaceptables. Para trabajar en estructuras no redundantes, cada discontinuidad que excede sus dimensiones máximas aceptables por el factor de dos, o por una amplitud de 6 dB, deberá ser ubicada y reportada.

4.3.8.3 Calibración. La calificación del equipo UT y los métodos de calibración, deberán cumplir con los requerimientos del procedimiento aprobado y este capítulo, a excepción de las siguientes:

- *Rango.* La calibración de rango (distancia) deberá incluir, como mínimo, la distancia entera de la trayectoria del sonido a ser utilizada durante el examen específico. Esto se puede ajustar para representar ya sea el viaje de la trayectoria del sonido, la distancia a la superficie o la profundidad equivalente bajo la superficie de contacto mostrada a lo largo de la escala horizontal del instrumento y como se describe en el procedimiento aprobado.
- *Calibración de sensibilidad.* La sensibilidad estándar para la evaluación de soldaduras de producción utilizando las técnicas de amplitud deberá ser: sensibilidad básica + corrección de amplitud lejana + corrección de transferencia. Esta calibración se deberá realizar al menos una vez por cada junta a ser probada; excepto, para el ensayo repetitivo del mismo tamaño y configuración, donde se pueda usar la frecuencia de calibración de 4.3.6.3.

Sensibilidad básica. El nivel de referencia de la altura de pantalla obtenida utilizando el reflejo máximo del agujero de diámetro de 0,060 pulg. [1,5 mm] en el bloque tipo IIW (o algún otro bloque que resulte en la misma sensibilidad de calibración básica) como se describe en 4.3.6 (o 4.3.10).

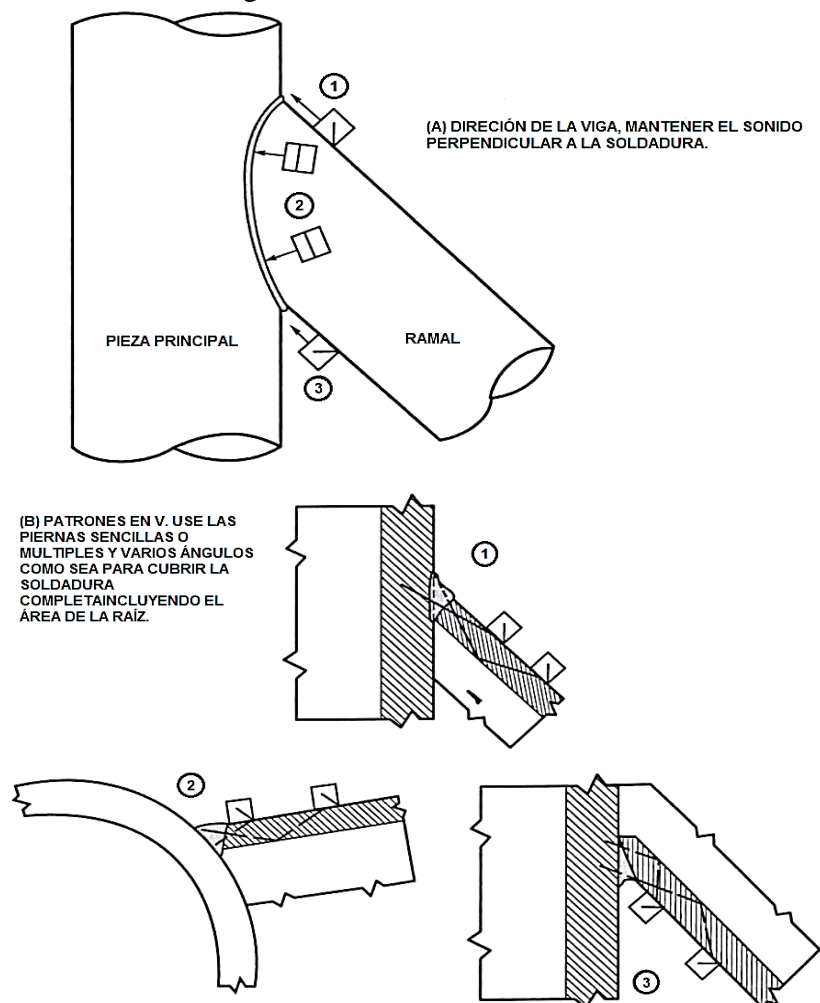
Corrección de amplitud de distancia. El nivel de sensibilidad deberá ser ajustado para proporcionar la pérdida de atenuación a través del rango de la trayectoria de sonido a ser utilizado ya sea por las curvas de corrección de amplitud de distancia, medios electrónicos o como se describe en el 4.3.7.6 (Factor de atenuación). Cuando se utilizan transductores de alta frecuencia, la atenuación más grande se deberá tomar en cuenta. La corrección de transferencia puede ser utilizada para acomodar el UT a través de capas gruesas de pintura que no excedan 10 mils [0,25 mm] de espesor.

4.3.8.4 Evaluación de metal base. Toda el área sujeta a escaneo UT, deberá ser examinada por la técnica de onda longitudinal para detectar reflectores laminares que pudieran interferir con propagación de la onda de sonido direccionada, todas las áreas que contengan reflectores laminares, deberán ser marcadas para identificación previo a

la exanimación de la soldadura y las consecuencias deben ser consideradas en la selección de los ángulos de la unidad de búsqueda y las técnicas de escaneo para examinación de las soldaduras en esa área. Se deberá notificar al ingeniero sobre las discontinuidades de material base que excedan los límites de 5.15.1.1 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

4.3.8.5 Escaneo de soldadura. El escaneo de soldadura de las conexiones T-, Y-, y K-, deberá ser realizado desde la superficie del miembro ramal (ver figura 59). Todos los ensayos deberán ser realizados, cuando sea posible, en las piernas I y II. Para el escaneo inicial, la sensibilidad deberá ser incrementada por 12 dB encima de aquella establecida en 4.3.8.3 para el máximo trayectoria del sonido. La evaluación de indicación deberá ser realizada en referencia a la sensibilidad estándar.

Figura 59. Técnicas de escaneo.



Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

4.3.8.6 *Ángulo óptimo.* Las indicaciones encontradas en las áreas de raíz de las juntas a tope de soldadura de canal y a lo largo de la cara de fusión de todas las soldaduras, deberá ser además evaluadas con ángulos de búsqueda de 70°, 60° o 45°; cual sea el más cercano a ser perpendicular a la cara de fusión esperada.

4.3.8.7 *Evaluación de discontinuidades.* Las discontinuidades deberán ser evaluadas utilizando una combinación de límites de haz y técnicas de amplitud. Los tamaños se deberán proporcionar como longitud y amplitud (dimensión de profundidad) o amplitud, según aplique. La amplitud debe ser relacionada a la “calibración estándar”. Adicionalmente, las discontinuidades deberán ser clasificadas como líneas o planares versus esféricas; al notar los cambios en la amplitud cuando el transductor es oscilado en un arco centrado en el reflector. Se determinara, la ubicación (posición) de discontinuidades dentro de la sección transversal de la soldadura, así como también desde un punto de referencia establecido a lo largo del eje de soldadura.

4.3.8.8 *Reportes.*

- *Formatos.* Un formato de reporte que identifique de forma clara el trabajo y el área de inspección, deberá ser completado por el técnico UT al momento de la inspección, un reporte detallado y un esquema que muestre la ubicación a lo largo del eje de soldadura, ubicación dentro de la sección transversal de la soldadura, tamaño (o indicación de clasificación), extensión, orientación y clasificación para cada discontinuidad; deberá ser completado para cada soldadura donde se encuentran indicaciones significativas.
- *Discontinuidades reportadas.* Cuando se especifique, deben ser reportadas las discontinuidades cercanas a un tamaño inaceptable, de forma particular aquellas en donde haya duda de su evaluación.
- *Inspección incompleta.* También se deberá tomar nota de las áreas en las cuales no fue realizable una inspección completa junto con la razón por la cual la inspección fue incompleta.
- *Marcas de referencia.* A no ser que se especifique lo contrario, la posición de referencia, la ubicación y la extensión de las discontinuidades inaceptables, se deberá marcar de forma física en la pieza de trabajo.

4.3.9 *Preparación y disposición de reportes.*

4.3.9.1 *Contenido de reportes.* Un formato de reporte que identifica de forma clara el trabajo y el área de inspección deberán ser completados por el operador UT al momento de la inspección. El formato de reporte para soldaduras aceptables solo necesita contener la información suficiente para identificar la soldadura, el operador (firma), y la aceptación de la soldadura. Un ejemplo de dicho formato se muestra en el anexo F, plantilla F-11.

4.3.9.2 *Reportes previos a inspección.* Antes de que una soldadura sujeta a UT por el contratista para el propietario sea aceptada, todos los formatos de reporte pertinentes a la soldadura, incluyendo cualquiera que muestre una calidad aceptable previa a la reparación, deberá ser entregada al inspector.

4.3.9.3 *Reportes completos.* Un juego completo de formatos de reportes completados de soldadura sujeta a UT por el contratista para el propietario, incluyendo cualquiera que muestre una calidad inaceptable previo a la reparación, deberá ser entregada al propietario al término del trabajo. La obligación del contratista de retener los reportes UT terminara (1) a la entrega de este juego completo al propietario, o (2) un año posterior a la fecha de término del trabajo del contratista, siempre que el propietario haya sido notificado previamente en forma escrita.

4.3.10 *Calibración de la unidad UT con bloques de referencia tipo IIW u otro aprobado (anexo E).* Ver 4.3.4 y figuras 55, 56, 57.

4.3.10.1 *Modo longitudinal*

- *Calibración de distancia.* Ver anexo E, E1 para método alterno.
 - 1) El transductor deberá ser ubicado en la posición G en el bloque tipo IIW.
 - 2) El instrumento deberá ser ajustado para producir indicaciones a 1 pulg. [25 mm en un bloque métrico], 2 pulg. [50 mm en un bloque métrico], 3 pulg. [75 mm en un bloque métrico], 4 pulg. [100 mm en un bloque métrico] etc., en la pantalla.

- *Amplitud.* Ver anexo E, E2 para método alterno. (1) El transductor deberá ser ubicado en la posición G en el bloque tipo IIW. (2) La ganancia deberá ser ajustada hasta que la indicación maximizada de la primera reflexión posterior alcance el 50% al 75% de la altura de pantalla.
- *Resolución.*
El transductor deberá estar en la posición F sobre el bloque tipo IIW.
El transductor y el instrumento deberán diferenciar las tres distancias.
- *Calificación de linealidad horizontal.* El procedimiento de calificación deberá ser según 4.3.5.1.
- *Calificación de control de ganancia (atenuación).* El procedimiento de calificación deberá estar en conformidad a 4.3.5.2 o un método alternativo deberá ser utilizado en conformidad a 4.3.5.2.

4.3.10.2 Modo de onda de control (transversal)

- *Punto índice.* El punto de entrada de sonido del transductor (punto índice), deberá ser ubicado o verificado por el siguiente procedimiento:
 - 1) El transductor deberá ser ubicado en posición D en el bloque tipo IIW.
 - 2) El transductor deberá mover hasta que la señal desde el radio sea maximizada. El punto es el transductor que se alinean con la línea del radio en el bloque de calibración, es el punto de la entrada de sonido (ver anexo E, E2.1 para método alterno).
- *Ángulo.* El ángulo de la trayectoria del sonido del transductor, deberá ser verificado o determinado por alguno de los siguientes procedimientos:
 - 1) El transductor deberá ser ubicado en posición B en el bloque tipo IIW para ángulos de 40° a 60°, o en posición C en el bloque tipo IIW para ángulos de 60° a 70° (ver figura 56).
 - 2) Para el ángulo seleccionado, el transductor se deberá mover de atrás hacia adelante sobre la línea que indica el ángulo del transductor hasta la señal de radio de maximice. El punto de entrada del sonido en el transductor, deberá comparar con la marca del ángulo en el bloque de calibración (tolerancia $\pm 2^\circ$) (ver anexo E, E2.2 para métodos alternos).

- *Procedimientos de calibración de distancia.* El transductor deberá ser ubicado en la posición D sobre un bloque tipo IIW (cualquier ángulo). Posterior a eso el instrumento deberá ser ajustado para alcanzar una indicación a 4 pulg. [100 mm en un bloque métrico] y una segunda indicación a 8 pulg. [200 mm en un bloque métrico] o 9 pulg. [225 mm en un bloque métrico] (Ver anexo E, E2.3 para métodos alternos).
- *Procedimiento para calibración de amplitud o sensibilidad.* El transductor se deberá ubicar en la posición A en el bloque tipo IIW (cualquier ángulo). La señal maximizada del agujero de 0,60 pulg. [1,59 mm] se deberá ajustar para alcanzar una línea de referencia horizontal de indicación de altura (ver anexo E, E2.4 para método alternativo). La máxima lectura de decibeles obtenida se deberá utilizar como lectura de “nivel de referencia, b” en la hoja de reporte de prueba (anexo F, planilla F-11) en conformidad con 4.3.4.1
- *Resolución.* El transductor deberá ser ubicado en el bloque de resolución RC, posición Q para un ángulo de 70°, posición R para un ángulo de 60° o posición S para un ángulo de 45°. El transductor y el instrumento deberán diferenciar los tres agujeros de prueba, al menos al punto de distinguir los picos de las indicaciones de las tres indicaciones.
- *Distancia de aproximación de la unidad de búsqueda.* La mínima distancia permitida entre el pie de la unidad de búsqueda y el borde de bloque tipo IIW, será como se presenta a continuación (ver figura 54):

Para transductor de 70°,

$$X = 2 \text{ pulg. [50 mm]}$$

Para transductor de 60°,

$$X = 1 - \frac{7}{16} \text{ pulg. [37 mm]}$$

Para transductor de 45°,

$$X = 1 \text{ pulg. [25 mm]}$$

4.3.11 Procedimientos de calificación de equipo.

4.3.11.1 Procedimiento de linealidad horizontal.

NOTA: Ya que este procedimiento de calificación es realizado con una unidad de búsqueda de haz recto, la cual produce ondas longitudinales con una velocidad de sonido de casi el doble de las ondas transversales, es necesario duplicar los rangos de distancia de anda transversal que van a utilizarse en este procedimiento.

Ejemplo: El uso de una calibración de pantalla es una transversal de 10 pulg. [250 mm] requiere de una calibración de pantalla de 20 pulg. [500 mm] para este procedimiento de calificación.

El siguiente procedimiento se deberá utilizar para la calificación del instrumento (ver anexo E, E3, para método alterno):

- Una unidad de búsqueda de haz recto debe ser acoplada, cumpliendo con los requerimientos del 4.3.3.6 del bloque tipo IIW o DS en posición G, T o U (ver figura 56), según se requiera, para alcanzar cinco reflexiones posteriores en el rango de calificación a certificarse (ver figura 56).
- El primer y quinto reflejo, deberán ser ajustados a sus ubicaciones adecuadas con el uso de la calibración a distancia y ajustes de cero retraso.
- Cada indicación se ajustará al nivel de referencia con el control de ganancia o atenuación para la evaluación de ubicación horizontal.
- Cada ubicación de trazo de deflexión intermedia, debe ser corregido dentro del 2% del ancho de pantalla.

4.3.11.2 Precisión de dB

Procedimiento. Para alcanzar la precisión requerida ($\pm 1\%$) en la lectura de la altura de indicación, y la pantalla deberá estar graduada de forma vertical en intervalos de 2%, o de 2,5% para instrumentos con una lectura de amplitud digital a altura horizontal de mitad de la pantalla. Estas graduaciones se deberán ubicar en la pantalla entre el 60% y

100% de la altura de pantalla; esto se puede lograr con el uso de una pantalla transparente graduada superpuesta.

Si esta pantalla superpuesta se aplica como parte permanente de la unidad UT, se deben tomar cuidados para que la pantalla superpuesta no oscurezca las pantallas normales de prueba.

- Se debe acoplar una unidad de búsqueda de haz recto, cumpliendo con los requerimientos del 4.3.3.6 del bloque DS mostrado en la figura 57 y la posición “T”, figura 56.
- La calibración de distancia se debe ajustar para que las primeras 2 pulg. [50 mm] de indicación de reflexión posterior (de ahora en adelante llamada como la indicación) se encuentren a mitad de pantalla de forma horizontal.
- El control de ganancia o atenuación calibrado, se debe ajustar para que la indicación sea exacta o ligeramente superior al 40° de la altura de pantalla.
- La unidad de búsqueda se debe mover a la posición U, ver figura 56, hasta que la indicación se encuentre a exactamente al 40% de la altura de pantalla.
- La amplitud de sonido, deberá ser aumentada 6 dB con el control de ganancia o atenuación calibrado; el nivel de indicación, teóricamente, debe estar ubicado al 80% de altura de pantalla.
- La lectura de dB, deberá ser registrada bajo “a” y la altura real de pantalla bajo “b” en el paso 5 del reporte de certificación, (anexo F, planilla F-8), línea 1.
- La unidad de busque se debe mover más cerca hacia la posición U, figura 56, hasta que la indicación se encuentre exactamente al 40% de la altura de pantalla.
- Se deberá repetir el paso 5.
- Se deberá repetir el paso 6, excepto que la información deberá ser aplicada a la siguiente línea consecutiva en el anexo F, planilla F-8.
- Se deberá repetir los pasos 7, 8 y 9 de forma consecutiva hasta que se alcance el rango total del control de ganancia (atenuador) (60 dB mínimo).
- La información de las filas “a” y “b” se deberán aplicar a la ecuación 4.3.11.2 (Ecuación de Decibel), o el nomograma descrito en el 4.3.11.2.3 para calcular los dB correctos.
- Los dB corregidos del paso 11 para fila “c”, deberán ser aplicados.
- El valor de la fila “c”, se deberá sustraer del valor de la fila “a” y la diferencia en

la fila “d”, el error de dB se debe aplicar.

- La información se deberá tabular en un formato que incluya el mínimo de información equivalente a la mostrada en la planilla F-8 y la unidad evaluada en conformidad con las instrucciones mostradas en ese formato.
- La planilla F-9, proporciona unos medios relativamente simples para evaluar los datos del artículo (14). Las instrucciones para esta evaluación se proporcionan del (16) al (18).
- La información de dB de la fila “e” (planilla F-8), se debe aplicar de forma vertical y la lectura de dB de la fila “a” (planilla F-8) de forma horizontal como coordenadas X e Y para graficar una curva dB en la planilla F-9.
- La longitud horizontal más larga, como se representa en la lectura de referencia dB, que puede ser inscrita en un rectángulo representando 2 dB de altura; denota el rango de dB en el cual el equipo cumple con los requerimientos del código. El rango mínimo permitido es 60 dB.
- El equipo que no cumpla con este requerimiento mínimo puede ser utilizado, previendo que los factores de corrección sean desarrollados y utilizados para la evaluación de discontinuidades fuera del rango de linealidad aceptable del instrumento, o la inspección de la soldadura y evaluación de discontinuidad; se mantienen dentro del rango de linealidad vertical aceptable del equipo.

Ecuación de decibel. La siguiente ecuación debe ser usada para calcular decibels.

$$dB_2 - dB_1 = 20 \times \log \frac{\%_2}{\%_1}$$

$$dB_2 = 20 \times \log \frac{\%_2}{\%_1} + dB_1$$

Como se relaciona al anexo F, plantilla F-8.

dB_1 = Fila "a"

dB_2 = Fila "c"

$\%_1$ = Fila "b"

$\%_2$ = definida en plantilla F – 8

Anexo F. Las siguientes notas aplican para el uso del nomograma en el anexo F, planilla F-10.

- Las filas a, b, c, d, e se encuentran en la hoja de certificación, anexo F, planilla F-8.
- Las escalas A, B y C están en el nomograma anexo F, planilla F-10.
- Los puntos cero de la escala C, deberán ser prefijados agregando el valor necesario para corresponder como las preferencias del instrumento. i.e. 0, 10, 20, 30, etc.

Procedimiento. Los siguientes procedimientos deberán aplicar para el uso del nomograma en el anexo F, planilla F-10

- Se deberá extender una línea recta entre la lectura de decibeles de la fila “a” aplicada a la escala C y el porcentaje correspondiente de la fila “b” aplicado a la escala A.
- Se deberá utilizar el punto donde la línea recta del paso 1 cruza la línea pivote B como punto de pivote para una segunda línea recta.
- Se deberá extender una segunda línea recta del punto % promedio en la escala A, a través del punto de pivote desarrollado en el paso 2, y hacia la escala C dB.
- El punto en la escala C es una indicación del dB corregido para utilizar en la fila “c”.

Nomograma. Para un ejemplo del uso del nomograma, ver anexo F, planilla F-10.

4.3.11.3 Procedimiento de reflejos internos

- Calibrar el equipo en conformidad con 4.3.6.5.
- Retirar la unidad de búsqueda del bloque de calibración sin cambiar cualquier otro ajuste del equipo.
- Incrementar la ganancia o atenuación calibrada a 20 dB más sensible que el nivel de referencia.
- Se deberá mantener libre de cualquier indicación el área de la pantalla más allá de ½ pulg. [12 mm] de la trayectoria y por encima de la altura de nivel de referencia.

4.3.12 *Procedimientos para la evaluación del tamaño de una discontinuidad*

4.3.12.1 *Prueba de haz recto (longitudinal).* No es siempre fácil determinar el tamaño de las discontinuidades laminares, especialmente aquellas que son más pequeñas que el tamaño del transductor. Cuando la discontinuidad es más grande que el transductor, ocurrirá la pérdida total del reflejo posterior de una pérdida de 6 dB de amplitud, medida hacia la línea central del transductor es usualmente confiable para determinar los bordes de la discontinuidad; sin embargo, el tamaño aproximado de evaluación de dicho reflectores que son más pequeños que el transductor, se deberá realizar fuera de la discontinuidad con el equipo calibrado en conformidad con el 4.3.6.4 y moviendo el transductor hacia el área de la discontinuidad hasta que una indicación en la pantalla se comience a formar, en este punto, el borde frontal de la unidad de búsqueda es una indicación del borde de la discontinuidad.

4.3.12.2 *Prueba de haz angular (de corte).* El siguiente procedimiento se deberá utilizar para determinar las longitudes de las indicaciones que cuentan con niveles dB más serios a las indicaciones de la clase D, la longitud de dicha indicación se deberá determinar midiendo la distancia entre la ubicación de la línea central del transductor, donde la amplitud del nivel de indicación caiga un 50% (6 dB) debajo del nivel para la clasificación de discontinuidad aplicable. Esta longitud se deberá registrar bajo “longitud de discontinuidad” en el reporte de prueba. Cuando se garantice por la amplitud de la discontinuidad, este procedimiento se deberá repetir para determinar la longitud de las discontinuidades de clase A, B y C.

4.3.13 *Patrones de escaneo (ver figura 58)*

4.3.13.1 *Discontinuidades longitudinales*

- *Movimiento de escaneo A.* Angulo de rotación $\alpha = 10^\circ$.
- *Movimiento de escaneo B.* La distancia de escaneo B, deberá ser tal que la sección de soldadura a ser probada sea cubierta.
- *Movimiento de escaneo C.* La distancia de progresión C, deberá ser aproximadamente la mitad del ancho del transductor.

NOTA: Los movimientos A, B y C pueden ser combinados en un solo patrón de escaneo.

4.3.13.2 *Discontinuidades transversales.*

- *Soldaduras esmeriladas.* El patrón de escaneo D, deberá ser utilizado cuando las soldaduras sean esmeriladas al ras.
- *Soldaduras no esmeriladas.* El patrón de escaneo E, deberá ser utilizado cuando la sobre monta de soldadura no sea esmerilada al ras. Angulo de escaneo $\alpha = 15^\circ$ máximo. El patrón de escaneo deberá cubrir toda la sección soldada.
- *Soldaduras ESW o EGW (patrón de escaneo adicional).* El patrón de escaneo E ángulo de rotación de unidad de búsqueda es entre 45° y 60° . El patrón de escaneo deberá cubrir toda la sección soldada.

4.3.14 *Ejemplos de certificación dB.* El anexo F, muestra ejemplos del uso de los formatos F-8, F-9 y F-10 para la solución de una aplicación típica del 4.3.11.2.

CAPÍTULO V

5. MANTENIMIENTO DE UNIONES SOLDADAS DE ACUERDO AL CÓDIGO

5.1 Mantenimiento preventivo de las juntas, de acuerdo a los resultados obtenidos mediante radiografía industrial, ensayo ultrasónico, líquidos penetrantes, partículas magnéticas y ensayo visual.

5.1.1 *Aplicación de procedimiento en probetas tipo.* Se aplicará cada uno de los procedimientos generados en el capítulo anterior en dos probetas de soldadura marcadas con identificación P1 y P2 respectivamente, con el fin de contrastar los resultados arrojados con la inspección por cada método de END aplicable y entre sí.

Esta aplicación seguirá una estructura similar para cada procedimiento, de la misma forma los pasos seguidos y especificaciones de cada parámetro.

5.1.1.1 *Aplicación del procedimiento en probetas tipo para ensayos con radiografía industrial RT.*

- *Normas de referencia.* Las normas y códigos de referencia a ser utilizadas son los siguientes:
 - a) Código a ASME sección V: subsección A
 - b) Código AWS D1.1/D1.1M:2010
- *Personal.* La persona a emitir los criterios de aceptación o rechazo sobre las juntas soldadas a ensayar, así como supervisar el ensayo es calificado nivel II. La persona que realizó el ensayo y registró los datos, es calificado nivel I.
 - a) Ing. Miguel Villacrés Nivel II
 - b) Sr. Christian Villacrés Nivel I

- *Equipos y materiales.* Los equipos empleados para el ensayo radiográfico son los siguientes:
 - a) Equipo de rayos X Marca: Balteau Modelo: Nro. 4801812
 - b) Kilo voltaje: 200Kv 10 mA Ángulo del haz: 40°
 - c) Película radiográfica
 - d) Fuji 80 ancho: 70mm. Funda con pantallas de plomo de 0.030mm
 - e) Bunker
 - f) Dimensiones: 2,5m x 2,5m x 2,3m
 - g) Espesor de pared: 35 cm. Hormigón
 - h) Puerta: estructura de acero con placas de 6 mm de plomo
 - i) Equipo de procesamiento
 - j) Tipo de luz: roja, Kodak n° 6B
 - k) Cuatro bandejas plásticas, para los diferentes baños
 - l) Cronómetro: Eastman Kodak
 - m) Revelador: A Jobeco RX1
 - n) Fijador: A Jobeco FX1
 - o) Equipo de interpretación y evaluación
 - p) Negatoscopio: 200luxes@10 cm de pantalla Fabricación local
 - q) Características: Potencia 250 Watts
 - r) Accesorios de control de calidad
 - s) Densitómetro de película: DUPONT CRONEX A- 87581
 - t) Indicadores de calidad de imagen: de hilos ASTM B (ASTM SE147 fig. 3) Letras de identificación: Kit de letras de 3/8" de plomo
 - u) Equipo de seguridad
 - v) Indicador de radiación: luz de alerta roja, Victorin 492 (0-900mR/h) Dosímetros: de película marca Kodak
 - w) Documentación
 - x) Figura 6.1. Del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 (Anexo D)
 - y) Plano de construcción con nomenclatura de uniones soldadas.

- Procesos.

a) Cálculos de exposición.

b) Selección del kilovoltaje, intensidad y tiempo de exposición:

Kv: 180Kv

Intensidad: 5mA

T calculado (24mm) = 2,4min

Factor de densidad $f_n = 2,2$

Factor de distancia focal $f_d = 0,5$

Factor de película $f_e = 1,4$

- Recaldeo del equipo.

a) Se setea a cero el dial de Kv y mA, en la valija de comando.

b) Se encendió la bomba de enfriamiento.

c) Se activó el equipo desde la valija de comando remoto.

d) Se incrementó desde 100Kv con intervalos de 10Kv cada 2 minutos hasta llegar a 180Kv, siempre manteniendo la intensidad de corriente en 5 mA.

- *Técnica de ensayo.* La técnica de ensayo para estas probetas fue la de pared simple vista simple.

- *Limpieza de la superficie.* La limpieza de las piezas de los cordones de soldadura no fue necesaria.

- *Marcado de áreas a inspeccionar.* Se ha marcado las probetas con las letras A y B una en cada extremo, para identificar el sentido de la película, la identificación de la empresa solicitante y la identificación de cada probeta, P1 y P2 respectivamente.

- *Identificación de las películas radiográficas.* Las películas se han identificado con la ayuda de caracteres de plomo de la misma forma en que se han marcado las probetas.

- *Selección y colocación de los indicadores de calidad de imagen (IQI).* De acuerdo con las tablas se ha seleccionado el indicador de calidad de hilos número 12 ASTM. Para el espesor a radiografiar, se selecciona el indicador categoría B, y se puede observar en la radiografía el cuarto hilo.


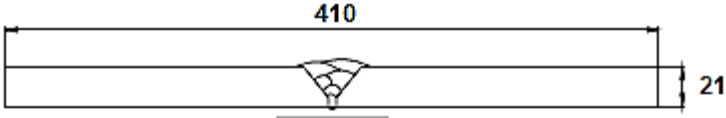
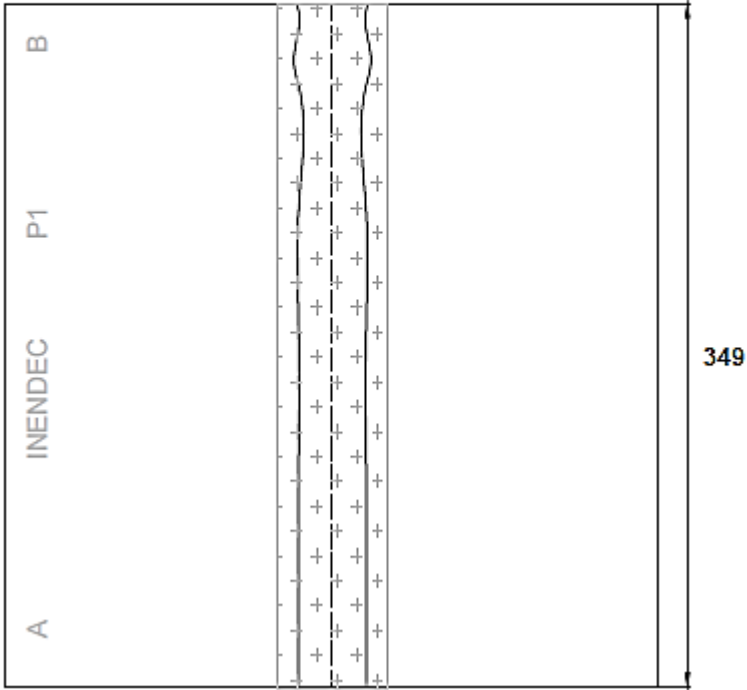
- *Tomas radiográficas.* Se realiza una toma para cada probeta, pues, la probeta P1 que es la más grande, entra en el rango del foco del equipo disponible.
 - a) Se preparó la película radiográfica, cortando la película al tamaño de la longitud de los cordones en P1 y P2.
 - b) Se colocó la identificación de la película, empleando las letras de plomo, utilizando cinta adhesiva. Además se coloca el indicador de calidad.
 - c) Se indicó al personal que se encontró en los alrededores que se trasladen a un lugar seguro.
 - d) Se realizó la toma desde el panel de control.
- *Procesamiento de películas.* Después de realizar las tomas correspondientes, se procede con los siguientes pasos:
 - a) Se encendió la luz roja en el cuarto oscuro de revelado, se apagó la luz normal, asegurándose que no ingrese luz del exterior.
 - b) Se alista los líquidos de revelado, parada, fijado, lavado final
 - c) Se saca la película del porta-película y se la introduce en el líquido revelador, y se dejó por 7 minutos.
 - d) Luego se sacó la película del revelado y se la coloca en el baño de parada con agua pura por 3 minutos.
 - e) Luego la película pasó al baño de fijado, aquí permaneció por 10 minutos.
 - f) Posteriormente se coloca la película en el baño final durante 30 minutos, en agua pura.
 - g) Finalmente se secó la película por 20 minutos.
- *Interpretación.* La interpretación se realizó en el cuarto oscuro, con ayuda de un negatoscopio. Como apoyo, se digitalizó la imagen radiográfica con la ayuda de un scanner de diapositivas.
- *Normas de aceptación o rechazo.* Los criterios de aceptación y rechazó para la evaluación de las discontinuidades obtenidas son los expuestos en la norma de construcción de soldadura AWS D1.1/D1.1M:2010 Sección 6. - Figura 6.1 (Anexo D).

Tabla 26. Informe de inspección por radiografía industrial 1A

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL		ND: ISX0001
Datos Generales			
Laboratorio: INENDEC SA		Cliente: Proyecto	
Fecha: 19/08/2013	Lugar: Quito	Informe N°: 001	
Identificación de la Junta Soldada			
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 21 mm de espesor		Identificación: P1	
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal		
Esquema de la Junta			
Equipos y Materiales			
Equipo de Rayos X			
Marca: Balteau	Modelo: Nro. 4801812	kV: 180	mA: 5
Película			
Marca: Fuji	Tipo: 80 + Pb		Ancho: 70 mm


Fuente: Autores

Tabla 27. Informe de inspección por radiografía industrial 1B

	<p>INENDEC SA</p> <p>INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL</p>	<p>ND: ISX0001</p>
<p>Tomas a Realizarse en la Pieza</p>		
<div data-bbox="464 725 1193 842"></div> <div data-bbox="464 934 1214 1621"></div>		


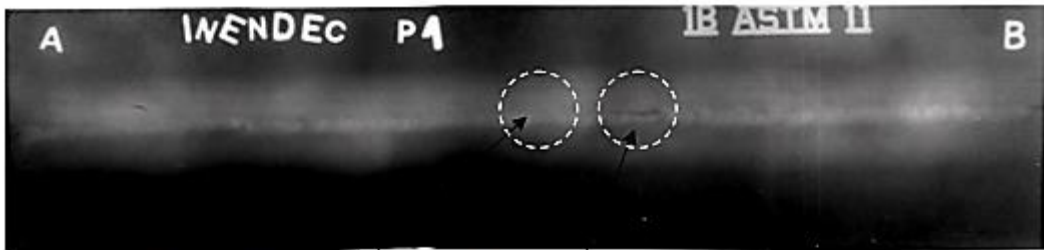
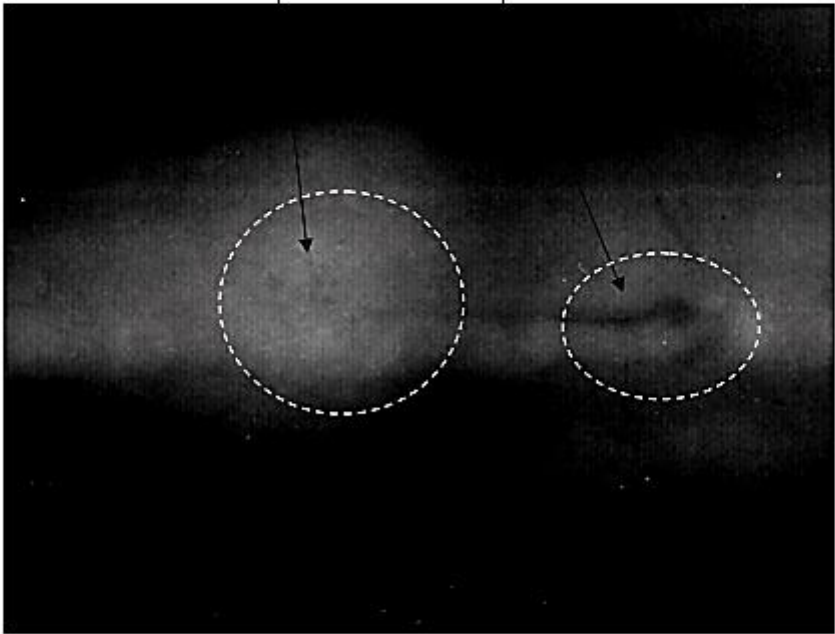
Fuente: Autores

Tabla 28. Informe de inspección por radiografía industrial 1C

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL		ND: ISX0001
Condiciones de Trabajo y Resultados			
Densidad:	Calidad radiográfica:	Norma de aceptación-rechazo:	
2	1B ASTM 4°HILO	AWS D1.1/D1.1M:2010	
Discontinuidades obtenidas	1	2	3
Identificación	INENDEC P1	INENDEC P1	
Referencia	A-B	A-B	
Posición	165 MM	175 MM	
Longitud	10 MM	10 MM	
Tipo	CP	E	
Aceptación/Rechazo	A	A	
Discontinuidades obtenidas	4	5	6
Identificación			
Referencia			
Posición			
Longitud			
Tipo			
Aceptación/Rechazo			
Nota: P/ CP: porosidad E: Inclusiones de arena o escoria R: rechupe F: fisura D: desgarre I: inclusión			
Observaciones:			
Se observa una colonia de poros y una escoria de aprox. 3 mm. Probeta aceptada (AWS D1.1/D1.1M:2010).			
Procesamiento de la Película			
Iluminación: foco 110v 15w	Filtro: Rojo KODAK 6B	Temperatura: 18°C	
Revelado: 3 min	Baño de parada: 2 min	Fijado: 10 min	
Lavado final: 30 min	Secado: 20 min	Temperatura: 22°C	
Operador: Christian Villacrés			
Nivel: I Radiografía industrial		Firma: _____	
Supervisor: Ing. Miguel Villacrés			
Nivel: III Radiografía Industrial		Firma: _____	
LABORATORIO/ INENDEC SA.		CLIENTE	
Fecha: 19/08/2013		Fecha: 19/08/2013	
Firma: _____		Firma: _____	

Fuente: Autores

Tabla 29. Informe de inspección por radiografía industrial 1D

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL</p>	<p align="center">ND: ISX0001</p>
<p>Imagen Radiográfica</p>		
<div data-bbox="293 618 1342 866">  </div> <div data-bbox="408 1028 1246 1659">  </div>		


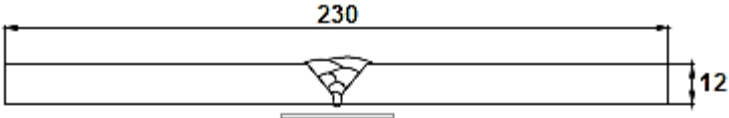
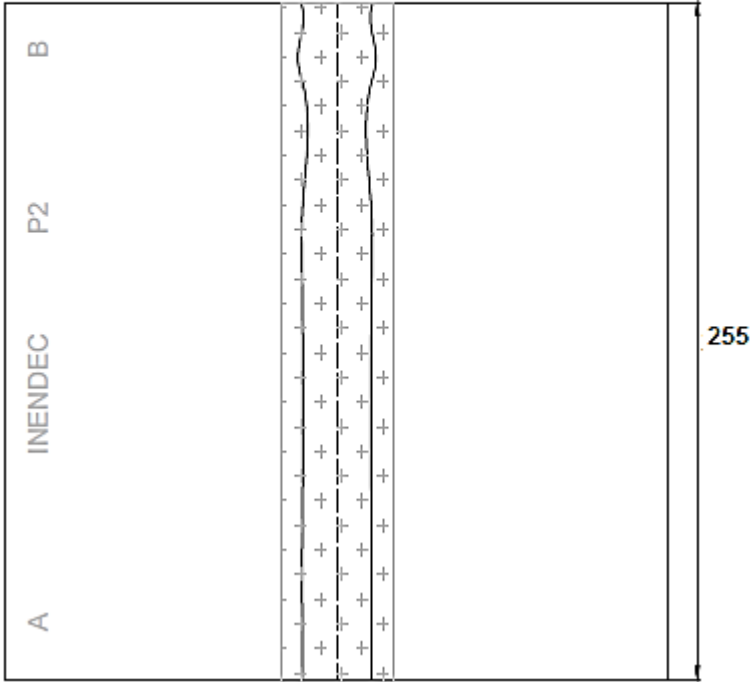
Fuente: Autores

Tabla 30. Informe de inspección por radiografía industrial 2A

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL		ND: ISX0002
Datos Generales			
Laboratorio: INENDEC SA		Cliente: Proyecto	
Fecha: 19/08/2013	Lugar: Quito	Informe N°: 002	
Identificación de la Junta Soldada			
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 12 mm de espesor		Identificación: P2	
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal		
Esquema de la Junta			
Equipos y Materiales			
Equipo de Rayos X			
Marca: Balteau	Modelo: Nro. 4801812	kV: 180	mA: 5
Película			
Marca: Fuji	Tipo: 80 + Pb		Ancho: 70 mm


Fuente: Autores

Tabla 31. Informe de inspección por radiografía industrial 2B

	<div>INENDEC SA</div> <div>INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL</div>	ND: ISX0002
Tomas a Realizarse en la Pieza		
<div></div> <div></div>		


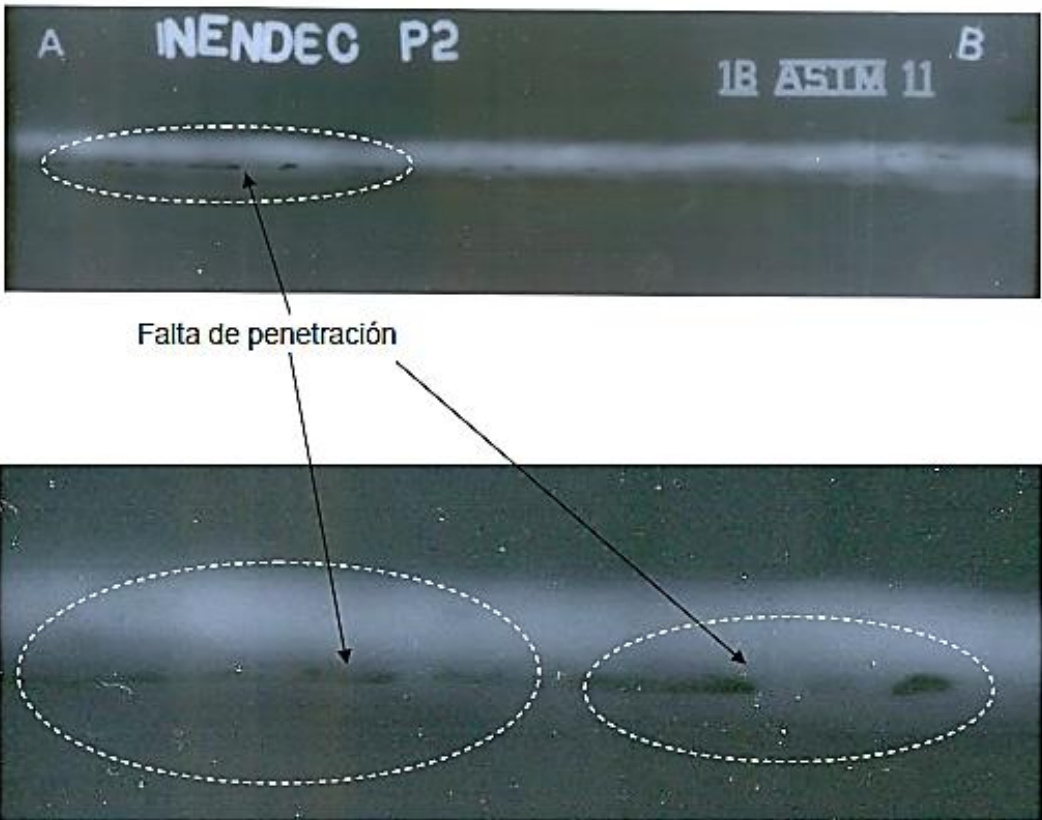
Fuente: Autores

Tabla 32. Informe de inspección por radiografía industrial 2C

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL</p>		<p align="center">ND: ISX0002</p>
<p align="center">Condiciones de Trabajo y Resultados</p>			
<p>Densidad:</p> <p align="center">2</p>	<p>Calidad radiográfica:</p> <p align="center">1B ASTM 4°HILO</p>	<p>Norma de aceptación-rechazo:</p> <p align="center">AWS D1.1/D1.1M:2010</p>	
<p>Discontinuidades obtenidas</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">2</p>	<p align="center">3</p>
<p>Identificación</p>	<p align="center">INENDEC P2</p>		
<p>Referencia</p>	<p align="center">A-B</p>		
<p>Posición</p>	<p align="center">0-120 mm</p>		
<p>Longitud</p>	<p align="center">120 mm</p>		
<p>Tipo</p>	<p align="center">E</p>		
<p>Aceptación/Rechazo</p>	<p align="center">Rechazada (FP,E)</p>		
<p>Discontinuidades obtenidas</p>	<p align="center">4</p>	<p align="center">5</p>	<p align="center">6</p>
<p>Identificación</p>			
<p>Referencia</p>			
<p>Posición</p>			
<p>Longitud</p>			
<p>Tipo</p>			
<p>Aceptación/Rechazo</p>			
<p>Nota: P/ CP: porosidad E: Inclusiones de arena o escoria R: rechupe F: fisura D: desgarre I: inclusión</p>			
<p>Observaciones:</p> <p>Falta de penetración a lo largo de un 45% de la longitud el cordón. Probeta RECHAZADA (AWS D1.1/D1.1M:2010).</p>			
<p align="center">Procesamiento de la Película</p>			
<p>Iluminación: foco 110V 15W</p>	<p>Filtro: Rojo KODAK 6B</p>	<p>Temperatura: 18°C</p>	
<p>Revelado: 3 min</p>	<p>Baño de parada: 2 min</p>	<p>Fijado: 10 min</p>	
<p>Lavado final: 30 min</p>	<p>Secado: 20 min</p>	<p>Temperatura: 22°C</p>	
<p>Operador: Christian Villacrés</p>			
<p>Nivel: I Radiografía Industrial</p>	<p>Firma: _____</p>		
<p>Supervisor: Ing. Miguel Villacrés</p>			
<p>Nivel: III Radiografía Industrial</p>	<p>Firma: _____</p>		
<p>LABORATORIO/ INENDEC SA.</p> <p>Fecha: 19/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>		<p>CLIENTE</p> <p>Fecha: 19/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>	

Fuente: Autores

Tabla 33. Informe de inspección por radiografía industrial 2D

	<p style="text-align: center;">INENDEC SA</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE INSPECCIÓN POR RADIOGRAFÍA INDUSTRIAL</p>	<p style="text-align: right;">ND: ISX0002</p>
<p>Imagen Radiográfica</p>		
<div style="text-align: center;">  <p style="text-align: center;">Falta de penetración</p> </div>		

Fuente: Autores

5.1.1.2 Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con ultrasonidos UT.

- *Normas de referencia.* Las normas y códigos de referencia que se utilizarán como guías técnicas son:

- a) ASME V art 4, 5 -2004
- b) AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Personal.* La persona a emitir los criterios de aceptación o rechazo sobre las juntas soldadas a ensayar, así como supervisar el ensayo es calificado nivel ASNT II. La persona que realizó el ensayo y registró los datos tiene calificación nivel ASNT I.

- a) Ing. Miguel Villacrés Nivel II
- b) Sr. Christian Villacrés Nivel I

- *Equipos y materiales*

- a) Equipo de ultrasonido

Tipo: A scan

Marca: Krautkramer

Modelo: USM 32X

Alimentación: batería Ión litio

Rango de frecuencia: 0,2-18 MHz

Rango de frecuencia fina: 0.352 MHz

- b) Cables para transductores

Cable coaxial

- c) Transductores

Transductor angular de: 70° - área de contacto: 1,5 pulg² (225 mm²)

- d) Acoplante

Solución de carboximetil celulosa

- e) Bloques de calibración

Bloque de calibración V1 y V2

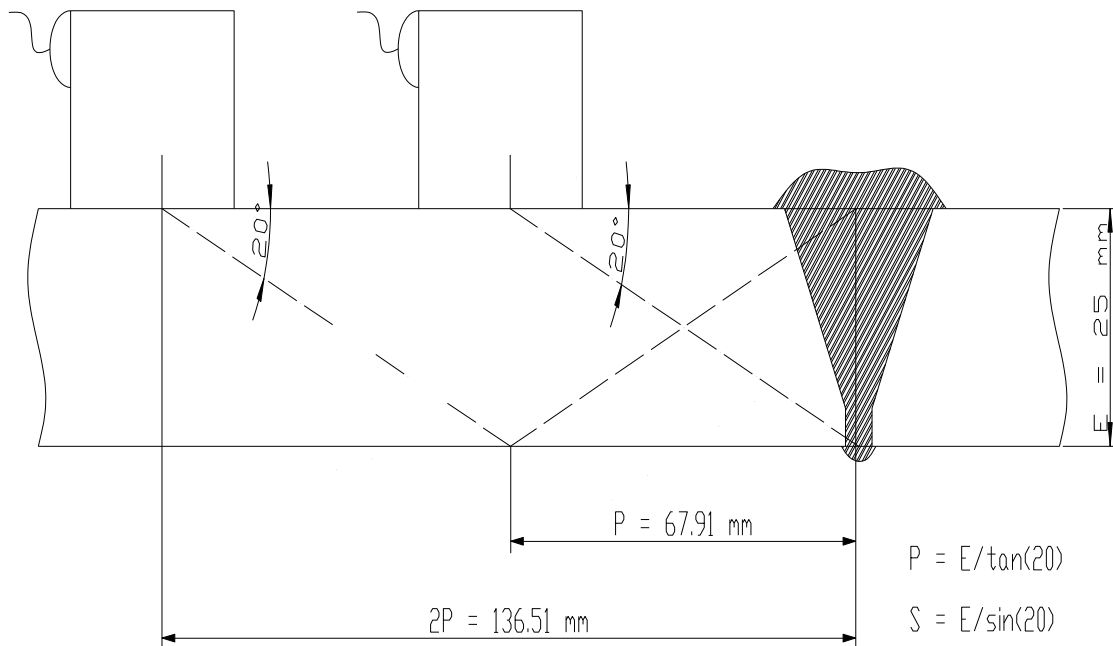
- f) Documentación

Código AWS D1.1/D1.1M:2010

Plano de construcción con nomenclatura de soldadura.

- *Procesos.* Dentro de la inspección por ultrasonidos se cumplieron los procesos de calibración e inspección propiamente dicho.
- *Proceso de calibración.* Se utilizó el transductor angular de 70 grados con el cable coaxial respectivo.
- Se determinó que el punto de salida del Haz en el transductor es en la marca de 13 mm. incluida en la cubierta metálica del mismo.
- Se determinó que el ángulo real de salida del Haz es de 70 grados.
- Se determinó que el camino sónico para el espesor de 25 mm es de 66 –132 mm.

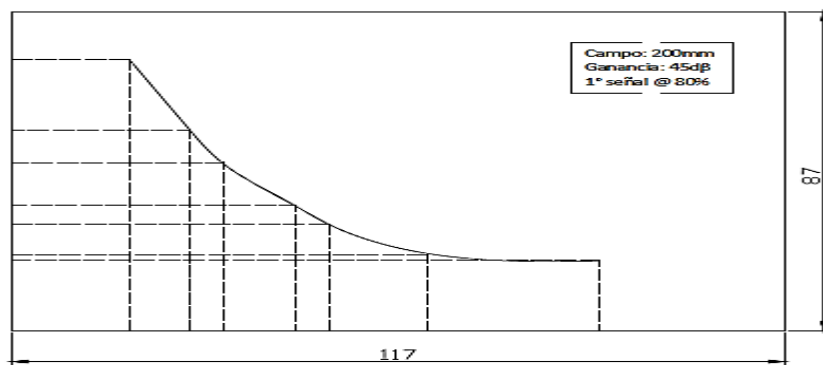
Figura 60. Esquema de distancias de inspección P1 y 2P.



Fuente: Autores

- Se ajusta la pantalla para que en ella se representen 68 y 137 mm. claramente en el eje horizontal, es decir un campo de 200 mm.
- Con la ayuda de un patrón auxiliar se elaboró la curva DAC, donde la señal de mayor amplitud (la indicación más cercana) sea representada por el 80% de la altura de pantalla modificando la ganancia y retardos de recepción y palpador. La ganancia máxima resultante es de 45.0 decibeles.

Figura 61. Curva DAC para parámetros de inspección de probetas P1 y P2.


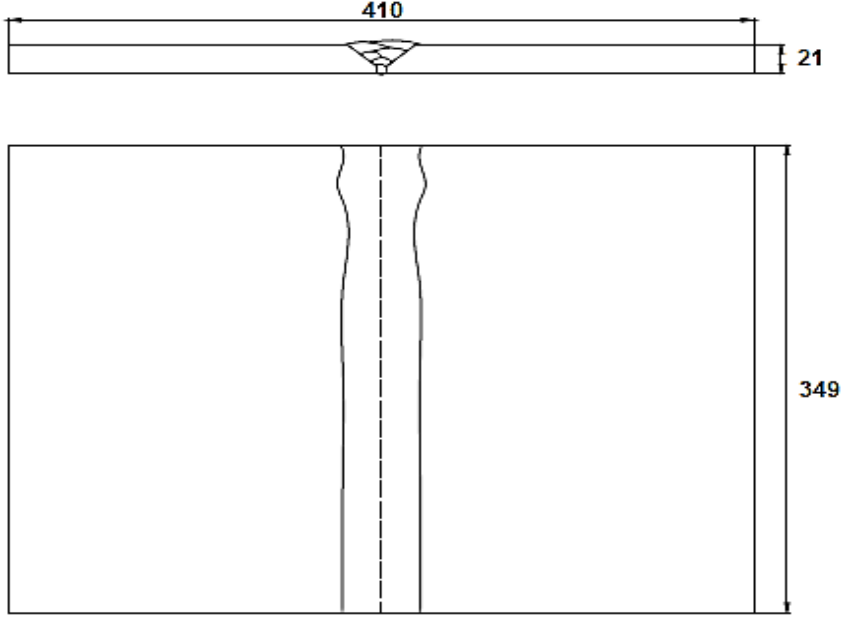


Fuente: Autores

- *Proceso de inspección*
 - a) Se identificaron y se marcaron las zonas de inspección, así como las distancias X (longitud del cordón) y Y para el transductor de 70° (Y es de 27,47 mm y 137.37 mm).
 - b) Se limpió el metal base adyacente al cordón de soldadura adecuado para inspeccionar la junta soldada, esta limpieza permitió que la superficie metálica sea lo suficientemente lisa para mantener un suave deslizamiento del transductor a través de la superficie.
 - c) Se colocó el gel de carboximetil celulosa en la superficie de inspección con una brocha.
 - d) Se realizó el barrido ultrasónico con los movimientos A, B y C en toda la longitud del cordón de soldadura (zig-zag) como lo indica el código.
 - e) Una indicación superó la curva DAC, entonces se marcó en un sitio visible las características de dicha discontinuidad, como profundidad y longitud, con la simbología sugerida en el informe – registro.
 - f) Se registraron dichas indicaciones en la tabla del informe.
- *Normas de aceptación o rechazo.* Los criterios de aceptación y rechazo para la evaluación de las discontinuidades obtenidas en la inspección ultrasónica dependerán de la norma de soldadura AWS D1.1/D1.1M:2010 Sección 6.


Se adjunta a este documento los planos de construcción con nomenclatura de soldadura y la tabla 26.

Tabla 34. Informe de inspección por ultrasonido 1A

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO</p>		<p align="center">ND: ISU0001</p>
<p align="center">Datos Generales</p>			
<p>Laboratorio:</p> <p align="center">INENDEC SA</p>		<p>Cliente:</p> <p align="center">Proyecto</p>	
<p>Fecha:</p> <p align="center">20/08/2013</p>	<p>Lugar:</p> <p align="center">Quito</p>	<p>Informe N°:</p> <p align="center">003</p>	
<p align="center">Identificación de la Junta Soldada</p>			
<p>Descripción:</p> <p>Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 21 mm de espesor</p>		<p>Identificación:</p> <p align="center">P1</p>	
<p>Material:</p> <p align="center">Acero ASTM A36</p>	<p>Estado de cordón de soldadura:</p> <p align="center">Rugosidad normal</p>		
<p align="center">Esquema de la Junta</p>			
<div style="text-align: center;">  </div>			
<p align="center">Equipos y Materiales</p>			
<p align="center">Equipo de Ultrasonido</p>			
<p>Marca:</p> <p align="center">Krautkramer</p>	<p>Modelo:</p> <p align="center">USM 32X</p>	<p>Rango de Frecuencia:</p> <p align="center">0,2 – 18 MHz</p>	<p>Fuente de Poder:</p> <p align="center">Bat: Ion – Litio</p>
<p align="center">Transductor</p>			
<p>Marca:</p> <p align="center">Krautkramer</p>	<p>Tipo:</p> <p align="center">Pulso-eco</p>	<p>Angulo nominal:</p> <p align="center">70°</p>	<p>Frecuencia:</p> <p align="center">2 MHz</p>

Fuente: Autores

Tabla 35. Informe de inspección por ultrasonido 1B

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO		ND: ISU0001
Condiciones de Trabajo y Resultados			
Ganancia+: 4dB	Método: Pulso – eco	Norma de aceptación-rechazo: AWS D1.1/D1.1M:2010 Tabla 6.2	
Soldadura	1	2	3
Espesor [mm]	21		
Identificación	P1		
Discontinuidades Obtenidas	FF		
Longitud	4 mm		
Posición	180 mm		
Profundidad	14 mm		
Nivel de severidad	Clase C		
Aceptación	Si		
Rechazo	-		
Marcas: P: porosidad FP: Falta de Penetración FF: Falta de Fusión EyR: Esmerilar y Rellenar			
Observaciones: Indicación que no sobrepasa la Discontinuidad Clase C y es de longitud menor a 50 mm. Soldadura ACEPTADA			
Parámetros de Inspección			
Campo: 200 mm	Ganancia: 46,5 dB		Velocidad de Sonido: 3250 m/s
Retardo: 4,72 mm	Retardo Transductor: 2,00 µs		Acoplante: Solución de carboximetil celulosa
Distancia X: 249 mm	Distancia Y: 61,4 mm – 122,8 mm		Velocidad de Barrido: 0,0038 m/s
Operador: Christian Villacrés			
Nivel: I Inspección Ultrasónica		Firma: _____	
Supervisor: Ing. Miguel Villacrés			
Nivel: III Inspección Ultrasónica		Firma: _____	
LABORATORIO/ INENDEC SA. Fecha: 20/08/2013 Firma: _____		CLIENTE Fecha: 20/08/2013 Firma: _____	


Fuente: Autores

Tabla 36. Informe de inspección por ultrasonido 2A

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO		ND: ISU0002
Datos Generales			
Laboratorio: INENDEC SA		Cliente: Proyecto	
Fecha: 20/08/2013	Lugar: Quito	Informe N°: 004	
Identificación de la Junta Soldada			
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 12 mm de espesor		Identificación: P2	
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal		
Esquema de la Junta			
Equipos y Materiales			
Equipo de Ultrasonido			
Marca: Krautkramer	Modelo: USM 32X	Rango de Frecuencia: 0,2 – 18 MHz	Fuente de Poder: Bat: Ion – Litio
Transductor			
Marca: Krautkramer	Tipo: Pulso-eco	Angulo nominal: 70°	Frecuencia: 2 MHz

Fuente: Autores

Tabla 37. 36Informe de inspección por ultrasonido 2B

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO		ND: ISU0002
Condiciones de Trabajo y Resultados			
Ganancia+: 7dB	Método: Pulso – eco	Norma de aceptación-rechazo: AWS D1.1/D1.1M:2010 Tabla 6.2	
Soldadura	1	2	3
Espesor [mm]	12	12	
Identificación	P2	P2	
Discontinuidades Obtenidas	FF	FF	
Longitud	70 mm	37 mm	
Posición	0 - 70 mm	85 – 122 mm	
Profundidad	5 mm	7 mm	
Nivel de severidad tabla 6.2	Clase C	Clase C	
Aceptación	-	FF	
Rechazo	FF EyR	-	
Marcas: P: porosidad FP: Falta de Penetración FF: Falta de Fusión EyR: Esmerilar y Rellenar			
Observaciones: Indicación 1 sobrepasa la Discontinuidad Clase C, con ganancia adicional y de longitud mayor a 50 mm. Soldadura RECHAZADA			
Parámetros de Inspección			
Campo: 200 mm	Ganancia: 45,0 dB	Velocidad de Sonido: 3250 m/s	
Retardo (Punto ini. ventana): 4,72 mm	Retardo Transductor: 2,00 µs	Acoplante: Solución de carboximetil celulosa	
Distancia X: 249 mm	Distancia Y: 31,4 mm – 62,8 mm	Velocidad de Barrido: 0,0038 m/s	
Operador: Christian Villacrés			
Nivel: I Inspección Ultrasónica		Firma: _____	
Supervisor: Ing. Miguel Villacrés			
Nivel: III Inspección Ultrasónica		Firma: _____	
LABORATORIO/ INENDEC SA. Fecha: 20/08/2013 Firma: _____		CLIENTE Fecha: 20/08/2013 Firma: _____	

Fuente: Autores

5.1.1.3 *Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con tintas penetrantes TP.*

Las aplicaciones de los Líquidos Penetrantes son amplias y por su gran versatilidad se utilizan desde la inspección de piezas críticas, como son los componentes aeronáuticos, hasta los cerámicos como las vajillas de uso doméstico. Muchas de las aplicaciones descritas son sobre metales, pero esto no es una limitante, ya que se pueden inspeccionar otros materiales, por ejemplo cerámicos vidriados, plásticos, porcelanas, recubrimientos electroquímicos.

- *Normas de referencia.* Las normas y códigos de referencia a utilizarse en el presente ensayo son los siguientes:

- a) ASME V art 6 – 2004
- b) Código AWS D1.1/D1.1M:2010

- *Personal.* La persona a emitir los criterios de aceptación rechazo sobre las juntas soldadas a ensayar, así como supervisar el ensayo es calificado nivel ASNT II.
La persona que realizó el ensayo y registró los datos es calificado nivel ASNT I.


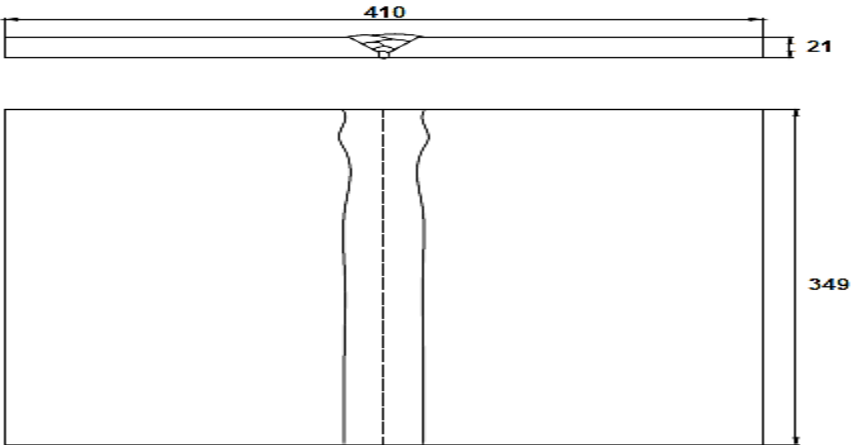
- a) Ing. Miguel Villacrés Nivel II
- b) Sr. Christian Villacrés Nivel I

- *Equipos y materiales*

- a) Líquidos: al aplicar la técnica B3, se empleará solvente, líquido penetrante coloreado, revelador y limpiador.
- b) Accesorios: se utilizó equipo para limpieza previa del cordón de soldadura y adicionalmente equipo y vestimenta industrial para realizar esta actividad tal como pantalla protectora, guantes, zapatos con punta de acero, overol de tela resistente. Para la limpieza inicial se utilizó amoladora portátil y cepillos circulares de alambre marca Faesi® adecuadas para esta limpieza y con una dureza no mayor a la soldadura y metal base, permitiendo retirar escoria, restos de chisporroteo, etc. para las limpiezas intermedias dentro del ensayo, se utilizó tela cruda de algodón, se utilizó cámara fotográfica digital para registrar los resultados del ensayo.
- c) Documentos: Tabla 6.1 de ANSI-AWS D1.1/D1.1M:2010 (Anexo D).


- *Proceso.* La aplicación de la técnica de líquidos penetrantes se lo realizó mediante estos pasos:
 - a) Limpieza de la superficie a inspeccionarse. Se le realizó con el cepillo circular de alambre suave y la amoladora portátil para el cordón de soldadura, retirando todo material diferente al metal base y de aporte en el cordón de soldadura
 - b) Limpieza con solvente, ésta se realizó con el paño de tela empapado de líquido limpiador (cleaner), asegurando la eliminación de toda la pintura.
 - c) Aplicación del penetrante, el cual se aplica sobre la superficie del cordón de soldadura, se dio una pasada de fluido constante, cubriendo todo el cordón de tinte coloreado rojo, el tiempo de permanencia del penetrante fue mayor de cinco minutos.
 - d) Eliminación del exceso de penetrante se realizó con más paño de tela y se retiró la mayor cantidad de penetrante posible.
 - e) Limpieza del penetrante, esto se realizó con el paño de tela humedecido con limpiador (cleaner) para remover el penetrante de la superficie inmediata de la soldadura sin remover el penetrante del interior de posibles discontinuidades.
 - f) Revelado, se aplicó el revelador sobre el cordón de soldadura libre de excesos de penetrante, asegurando la cobertura del cordón de soldadura y estrechas zonas adyacentes con revelador, se deja actuar el revelador por cinco minutos para obtener una indicación adecuada.
 - g) Inspección y evaluación, el penetrante que ha ingresado en el interior de la discontinuidad tintura el revelador con su color, es por eso que se ha realizado varias revisiones durante los cinco minutos de revelado, observando la evolución del proceso químico.
 - h) Marcado de las discontinuidades: como no se encontró discontinuidades relevantes, no fue necesario marcar en la probeta.

Tabla 38. Informe de inspección por líquidos penetrantes 1A

	<p align="center">INENDEC S.A</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</p>		<p align="center">ND: ISP0001</p>
<p align="center">Datos Generales</p>			
<p>Laboratorio:</p> <p align="center">INENDEC SA</p>		<p>Cliente:</p> <p align="center">Proyecto</p>	
<p>Fecha:</p> <p align="center">21/08/2013</p>	<p>Lugar:</p> <p align="center">Quito</p>	<p>Informe N°:</p> <p align="center">005</p>	
<p align="center">Identificación de la Junta Soldada</p>			
<p>Descripción:</p> <p>Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 21 mm de espesor</p>		<p>Identificación:</p> <p align="center">P1</p>	
<p>Material:</p> <p align="center">Acero ASTM A36</p>	<p>Estado de cordón de soldadura:</p> <p align="center">Rugosidad normal</p>		
<p align="center">Esquema de la Junta</p>			
<div style="text-align: center;">  </div>			

Fuente: Autores

Tabla 39. Informe de inspección por líquidos penetrantes 1BTabla 37

		INENDEC S.A INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES		ND: ISP0001
Equipos y Materiales				
Líquidos				
Limpiador/Removedor: Magnaflux Spotcheck SKC-S Cleaner/Remover		Emulsificador: Ninguno		Penetrante: Magnaflux Spotcheck SKL-SP1 Penetrant
Revelador: Magnaflux Spotcheck SKD-52 Developer		Accesorios: Solvente, Brochas, Paños, Cepillos de alambre, esmeriladoras, cámara fotográfica		
Registro				
Indicación	1	2	3	
Posición				
Referencia				
Longitud				
Tipo				
Aceptación/Rechazo				
Reparación				
Marcas: P: porosidad, M Mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR: Esmerilar y Rellenar				
Operador: Christian Villacrés				
Nivel: I Líquidos Penetrantes			Firma: _____	
Supervisor: Ing. Miguel Villacrés				
Nivel: III Líquidos Penetrantes			Firma: _____	
LABORATORIO/ INENDEC SA. Fecha: 21/08/2013 Firma: _____			CLIENTE Fecha: 21/08/2013 Firma: _____	


Fuente: Autores

Tabla 40. Informe de inspección por líquidos penetrantes 2A

	INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES		ND: ISP0002
Datos Generales			
Laboratorio: INENDEC SA		Cliente: Proyecto	
Fecha: 21/08/2013	Lugar: Quito	Informe N°: 006	
Identificación de la Junta Soldada			
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 12 mm de espesor		Identificación: P2	
Material: Acero ASTM A36	Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal		
Esquema de la Junta			



Fuente: Autores

Tabla 41. Informe de inspección por líquidos penetrantes 2B

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</p>		<p align="center">ND: ISP0002</p>
<p align="center">Equipos y Materiales</p>			
<p align="center">Líquidos</p>			
<p>Limpiador/Removedor:</p> <p>Magnaflux Spotcheck SKC-S Cleaner/Remover</p>	<p>Emulsificador:</p> <p align="center">Ninguno</p>	<p>Penetrante:</p> <p>Magnaflux Spotcheck SKL-SP1 Penetrant</p>	
<p>Revelador:</p> <p>Magnaflux Spotcheck SKD-52 Developer</p>	<p>Accesorios:</p> <p>Solvente, Brochas, Paños, Cepillos de alambre, esmeriladoras, cámara fotográfica</p>		
<p align="center">Registro</p>			
<p>Indicación</p>	<p align="center">1</p>	<p align="center">2</p>	<p align="center">3</p>
<p>Posición</p>			
<p>Referencia</p>			
<p>Longitud</p>			
<p>Tipo</p>			
<p>Aceptación/Rechazo</p>			
<p>Reparación</p>			
<p>Marcas: P: porosidad, M Mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR: Esmerilar y Rellenar</p>			
<p>Operador: Christian Villacrés</p>			
<p>Nivel: I Líquidos Penetrantes</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>Supervisor: Ing. Miguel Villacrés</p>			
<p>Nivel: III Líquidos Penetrantes</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>LABORATORIO/ INENDEC SA.</p> <p>Fecha: 21/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>		<p>CLIENTE</p> <p>Fecha: 21/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>	

Fuente: Autores

Tabla 42. Informe de inspección por líquidos penetrantes 2C

	<p style="text-align: center;">INENDEC SA</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE INSPECCIÓN POR LÍQUIDOS PENETRANTES</p>	<p style="text-align: right;">ND: ISP0003</p>
<p>Fotografías de Inspección con Tintas Penetrantes</p>		
<p>PROBETA 1</p> <div data-bbox="424 539 1236 1142">  </div> <p>PROBETA 2</p> <div data-bbox="419 1223 1243 1834">  </div>		

Fuente: Autores

5.1.1.4 Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con partículas magnéticas MT.

La inspección por Partículas Magnéticas permite detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales en materiales ferromagnéticos. Se selecciona usualmente cuando se requiere una inspección más rápida que con los líquidos penetrantes.

El principio del método es la formación de distorsiones del campo magnético o de polos cuando se genera o se induce un campo magnético en un material ferromagnético; es decir, cuando la pieza presenta una zona en la que existen discontinuidades perpendiculares a las líneas del campo magnético, éste se deforma o produce polos.

- *Normas de referencia.* Las normas y códigos de referencia a utilizarse en el presente ensayo son los siguientes:
 - a) ASME V-2004: subsección A, Art 7; subsección B Art 25
 - b) Código AWS D 1.1/D1.1M:2010 sección 6
- *Personal.* La persona a emitir los criterios de aceptación rechazo sobre las juntas soldadas a ensayar, así como supervisar el ensayo es calificado nivel ASNT II. La persona que realizó el ensayo y registró los datos es calificado nivel I.
 - a) Ing. Miguel Villacrés Nivel II
 - b) Sr. Christian Villacrés Nivel I
- *Equipos y materiales.* Para el desarrollo de este procedimiento se utilizó un yugo de patas fijas, como el código de referencia lo estipula. A continuación un listado de elementos necesarios para el procedimiento de inspección:
 - a) Equipo de magnetización
Yugo de patas fijas marca Magnaflux®.
 - b) Medios de aplicación
Espolvoreador
Brocha
 - c) Partículas magnéticas
Partículas secas Magnaflux®
Partículas en suspensión acuosa Magnaflux®
 - d) Elementos de limpieza

Paños, solventes, cepillo de alambre Faesi®, etc.

e) Elementos de protección

Mandil, overol, guantes, pantalla protectora, zapatos industriales, etc.

f) Accesorios

Cámara fotográfica

Revelador (contraste)


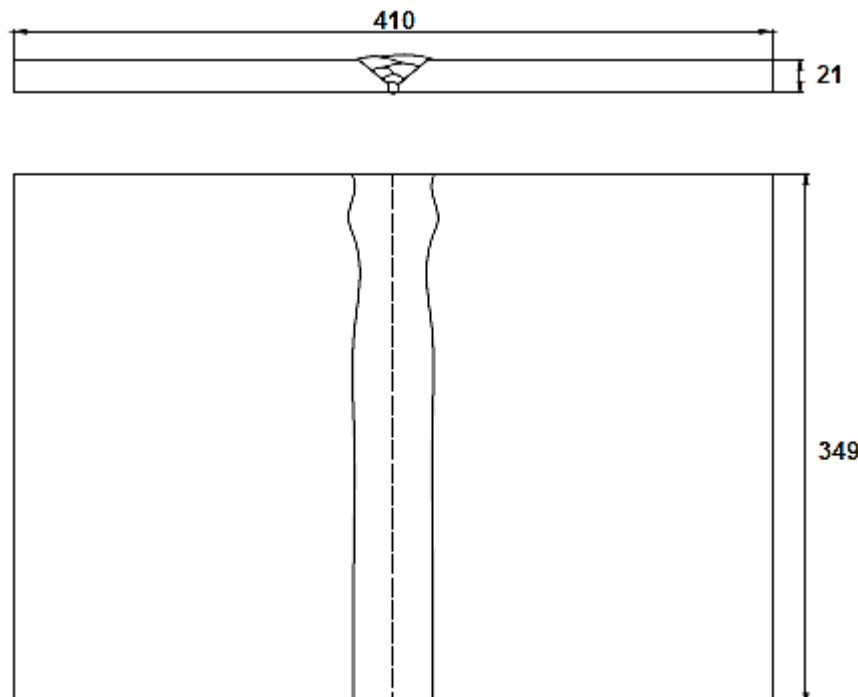
g) Documentación

Tabla 6.1 del Código AWS D1.1/D1.1M:2010 (Anexo D).

- *Proceso*


- a) Se limpió la superficie de ensayo. Esta limpieza se realizó con el cepillo circular de alambre accionado por esmeriladora. El objetivo de esta limpieza es mejorar la movilidad de las partículas magnéticas
- b) Se comprobó que la fuerza portante del yugo en corriente alterna es 4.5 kg.
- c) A continuación se realizó la magnetización del cordón de soldadura mediante el yugo de patas fijas y conductor central. Se aplicó el campo y las partículas simultáneamente sobre el área de inspección.
- d) Se aplicó las partículas magnéticas en forma directa sobre la superficie a inspeccionar mediante el uso del espolvoreador de partículas secas y se utilizó un aerosol o pulverizador eléctrico para partículas húmedas.
- e) Se permitió transcurrir cinco minutos, tiempo de acción y transporte de las partículas, asimismo, se iluminó la probeta con la fuente de luz ultravioleta para visualizar, interpretar y evaluar las indicaciones obtenidas.
- f) Como no se encontró indicaciones relevantes, no fue necesario marcar la probeta.
- g) Finalmente se limpió y se desmagnetizó las probetas, alejando el campo magnético del yugo, colocado en la misma dirección del campo residual (perpendicular al sentido de la aplicación del campo), de una forma brusca.

Tabla 43. Informe de inspección por partículas magnéticas 1A

	INENDEC S.A INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS		ND: ISM0001
Datos Generales			
Laboratorio: INENDEC SA		Cliente: Proyecto	
Fecha: 22/08/2013	Lugar: Quito	Informe N°: 007	
Identificación de la Junta Soldada			
Descripción: Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 21 mm de espesor		Identificación: P1	
Material: Acero ASTM A36		Estado de cordón de soldadura: Rugosidad normal	
Esquema de la Junta			
			


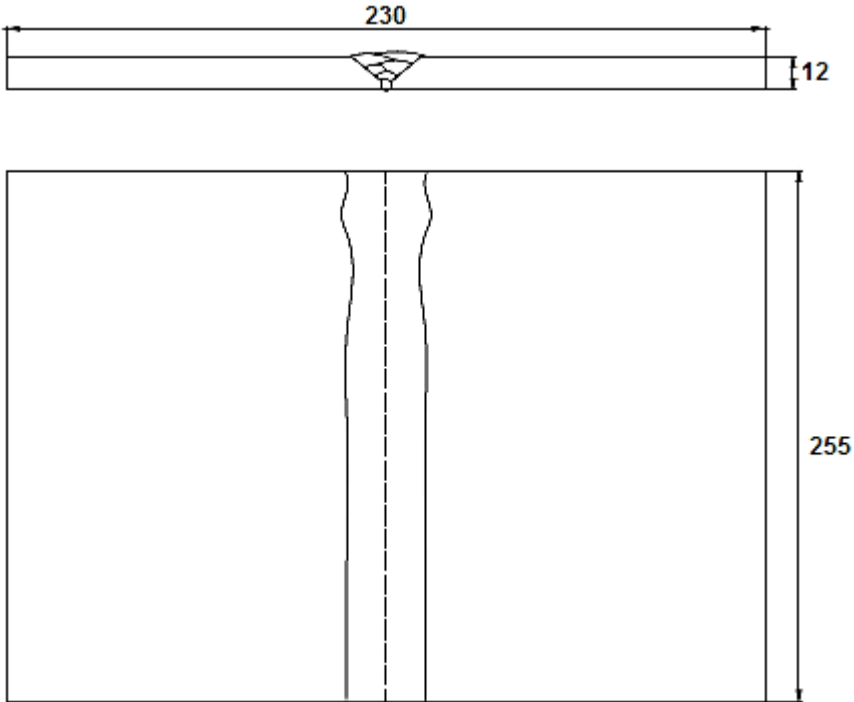
Fuente: Autores

Tabla 44. Informe de inspección por partículas magnéticas 2A

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</p>		<p align="center">ND: ISM0001</p>
<p align="center">Equipos y Materiales</p>			
<p align="center">Equipo de Magnetización</p>			
<p>Tipo: Yugo de patas fijas y conductor central</p>			
<p>Marca:</p> <p align="center">Magnaflux®</p>		<p>Amperaje nominal:</p> <p align="center">6 A</p>	
<p>Tipo de Partículas: Secas y fluorescentes suspendidas en medio húmedo.</p>			
<p align="center">Registro</p>			
Indicación	1	2	3
Posición			
Referencia			
Longitud			
Tipo			
Aceptación/Rechazo			
Reparación			
<p>Marcas: P: porosidad, M Mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR: Esmerilar y Rellenar</p>			
<p align="center">Resultados</p>			
<p>Tipo de Discontinuidad:</p> <p>Ninguna</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Las partículas se acumulan en la frontera soldadura-metal base.</p>	<p>Evaluación:</p> <p>La soldadura no tiene discontinuidades superficiales ni subsuperficiales</p>	
<p>Operador: Christian Villacrés</p>			
<p>Nivel: I Partículas Magnéticas</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>Supervisor: Ing. Miguel Villacrés</p>			
<p>Nivel: III Partículas Magnéticas</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>LABORATORIO/ INENDEC SA.</p> <p>Fecha: 22/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>		<p>CLIENTE</p> <p>Fecha: 22/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>	



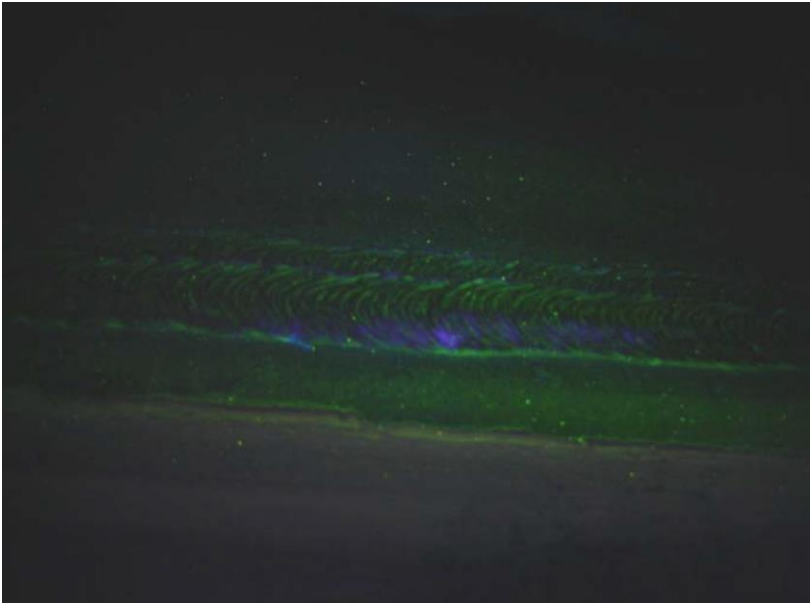
Fuente: Autores

Tabla 45. Informe de inspección por partículas magnéticas 1B

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</p>		<p align="center">ND: ISM0002</p>
<p align="center">Datos Generales</p>			
<p>Laboratorio:</p> <p align="center">INENDEC SA</p>		<p>Cliente:</p> <p align="center">Proyecto</p>	
<p>Fecha:</p> <p align="center">22/08/2013</p>	<p>Lugar:</p> <p align="center">Quito</p>	<p>Informe N°:</p> <p align="center">008</p>	
<p align="center">Identificación de la Junta Soldada</p>			
<p>Descripción:</p> <p>Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 12 mm de espesor</p>		<p>Identificación:</p> <p align="center">P2</p>	
<p>Material:</p> <p align="center">Acero ASTM A36</p>	<p>Estado de cordón de soldadura:</p> <p align="center">Rugosidad normal</p>		
<p align="center">Esquema de la Junta</p>			
<div style="text-align: center;">  </div>			


Fuente: Autores

Tabla 46. Informe de inspección por partículas magnéticas 1C

	<p style="text-align: center;">INENDEC SA</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</p>	<p style="text-align: right;">ND: ISM0003</p>
<p>Fotografías de Inspección con Partículas Magnéticas</p>		
<p>PROBETA 1</p> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  <p>Vía Seca</p> </div> <div style="text-align: center; margin: 20px 0;">  <p>Vía Húmeda (fluorescentes)</p> </div>		



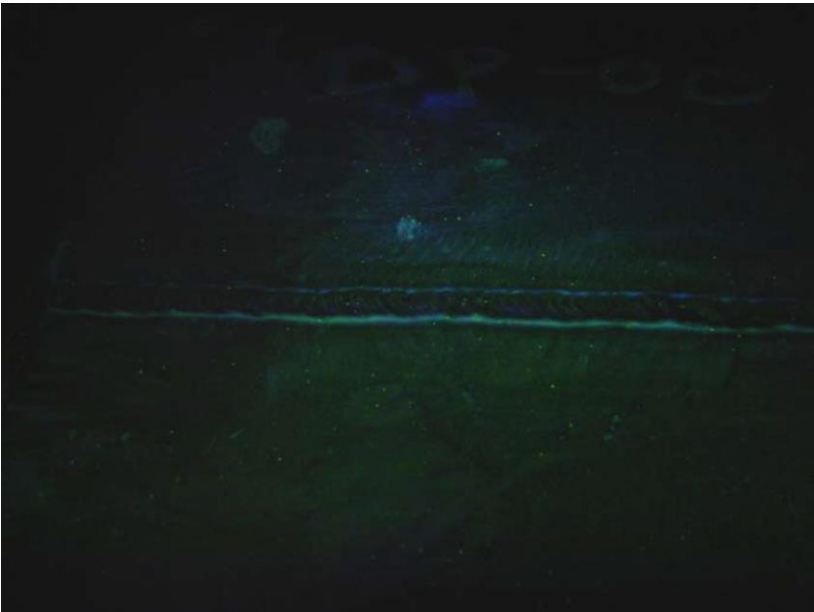
Fuente: Autores

Tabla 47. Informe de inspección por partículas magnéticas 2B

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</p>		<p align="center">ND: ISM0002</p>
<p align="center">Equipos y Materiales</p>			
<p align="center">Equipo de Magnetización</p>			
<p>Tipo: Yugo de patas fijas y conductor central</p>			
<p>Marca: Magnaflux®</p>		<p>Amperaje nominal: 6 A</p>	
<p>Tipo de Partículas: Secas y fluorescentes suspendidas en medio húmedo.</p>			
<p align="center">Registro</p>			
Indicación	1	2	3
Posición			
Referencia			
Longitud			
Tipo			
Aceptación/Rechazo			
Reparación			
<p>Marcas: P: porosidad, M Mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR: Esmerilar y Rellenar</p>			
<p align="center">Resultados</p>			
<p>Tipo de Discontinuidad:</p> <p>Ninguna</p>	<p>Observaciones:</p> <p>Las partículas se acumulan en la frontera soldadura-metal base.</p>		<p>Evaluación:</p> <p>La soldadura no tiene discontinuidades superficiales ni subsuperficiales</p>
<p>Operador: Christian Villacrés</p>			
<p>Nivel: I Partículas Magnéticas</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>Supervisor: Ing. Miguel Villacrés</p>			
<p>Nivel: III Partículas Magnéticas</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>LABORATORIO/ INENDEC SA.</p> <p>Fecha: 22/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>		<p>CLIENTE</p> <p>Fecha: 22/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>	

Fuente: Autores

Tabla 48. Informe de inspección por partículas magnéticas 2C


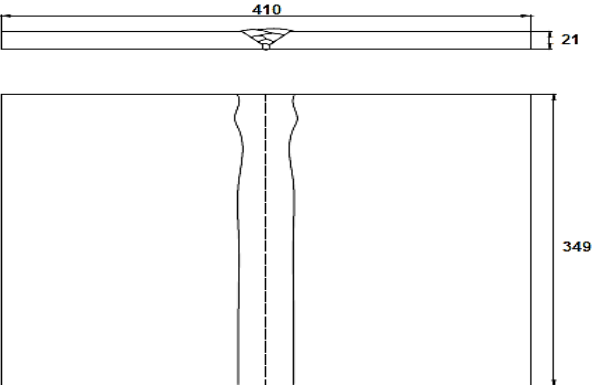
	<p style="text-align: center;">INENDEC SA</p> <p style="text-align: center;">INFORME DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS</p>	<p style="text-align: right;">ND: ISM0003</p>
<p>Fotografías de Inspección con Partículas Magnéticas</p>		
<p>PROBETA 2</p> <div style="text-align: center;">  <p>Vía Seca</p>  <p>Vía Húmeda (fluorescentes)</p> </div>		

Fuente: Autores

5.1.1.5 *Aplicación de procedimiento en probetas tipo para ensayos con inspección visual IV.*


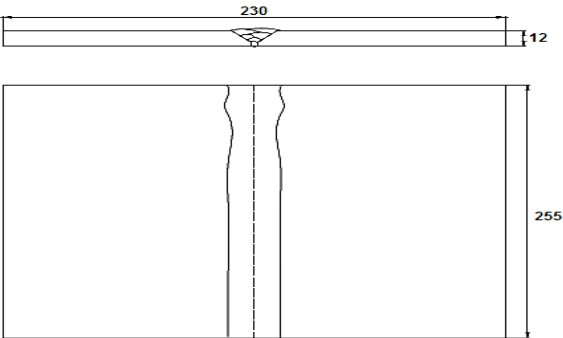
- *Normas de referencia.* Las normas y códigos de referencia a utilizarse en el presente ensayo son los siguientes:
 - a) ASME V- 2004 Art. 9
 - b) Código AWS D1.1/D1.1M:2010 Tabla 6.1 (Anexo D)
- *Personal.* La persona a emitir los criterios de aceptación rechazo sobre las juntas soldadas a ensayar, así como supervisar el ensayo es calificado nivel ASNT II. La persona que realizó el ensayo y registró los datos es calificado nivel ASNT I.
 - a) Ing. Miguel Villacrés Nivel II
 - b) Sr. Christian Villacrés Nivel I
- *Equipos y materiales.* A continuación un listado de elementos necesarios para el procedimiento de inspección:
 - a) Flexómetro
 - b) Luz artificial (reflector)
 - c) Cámara fotográfica, lupa, etc.
 - d) Cepillo circular de alambre Faesi®
 - e) Elementos de protección
 - f) Tabla 6.1 de AWS D1.1/D1.1M:2010 (Anexo D)
 - g) Planos de construcción con nomenclatura de soldadura
- *Proceso*
 - a) Se limpió la superficie del cordón de soldadura de las probetas con cepillo circular de alambre accionado por esmeriladoras.
 - b) A continuación se verificó características geométricas de la soldadura respecto al diseño de la junta, como ancho del cordón, presentación, perfil de la soldadura, siendo éste ligeramente convexo.
 - c) Al no encontrarse indicaciones relevantes, no fue necesario marcar las probetas ni registrar datos de posibles discontinuidades.

Tabla 49. Informe de inspección visual 1A

	<p align="center">INENDEC SA</p> <p align="center">INFORME DE INSPECCIÓN VISUAL</p>		<p align="center">ND: ISV0001</p>
<p align="center">Datos Generales</p>			
<p>Laboratorio:</p> <p align="center">INENDEC SA</p>		<p>Cliente:</p> <p align="center">Proyecto</p>	
<p>Fecha:</p> <p align="center">23/08/2013</p>	<p>Lugar:</p> <p align="center">Quito</p>	<p>Informe N°:</p> <p align="center">009</p>	
<p align="center">Identificación de la Junta Soldada</p>			
<p>Descripción:</p> <p>Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 21 mm de espesor</p>		<p>Identificación:</p> <p align="center">P1</p>	
<p>Material:</p> <p align="center">Acero ASTM A36</p>	<p>Estado de cordón de soldadura:</p> <p align="center">Rugosidad normal</p>		
<p align="center">Esquema de la Junta</p>			
<div style="text-align: center;">  </div>			
<p>Marcas: Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar.</p>			
<p align="center">Resultados</p>			
<p>Tipo de Discontinuidad:</p> <p>Ninguna</p>	<p>Observaciones:</p> <p>El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades visibles.</p>	<p>Evaluación:</p> <p>Presentación y acabado correcto.</p>	
<p>Operador: Christian Villacrés</p>			
<p>Nivel: I Inspección de Soldadura</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>Supervisor: Ing. Miguel Villacrés</p>			
<p>Nivel: III Inspección de Soldadura</p>		<p>Firma: _____</p>	
<p>LABORATORIO/ INENDEC SA.</p> <p>Fecha: 23/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>		<p>CLIENTE</p> <p>Fecha: 23/08/2013</p> <p>Firma: _____</p>	

Fuente: Autores

Tabla 50. Informe de inspección visual 1B

		INENDEC SA INFORME DE INSPECCIÓN VISUAL		ND: ISV0002
Datos Generales				
Laboratorio:		Cliente:		
INENDEC SA		Proyecto		
Fecha:	Lugar:	Informe N°:		
23/08/2013	Quito	010		
Identificación de la Junta Soldada				
Descripción:			Identificación:	
Soldadura de calificación de procedimiento con SMAW para 12 mm de espesor			P2	
Material:		Estado de cordón de soldadura:		
Acero ASTM A36		Rugosidad normal		
Esquema de la Junta				
				
Marcas: Poro, M mordedura, F Fisura, CR Cráter, CP Colonia poros, EyR Esmerilar y Rellenar.				
Resultados				
Tipo de Discontinuidad:		Observaciones:		Evaluación:
Ninguna		El cordón presenta rugosidad normal y no presenta discontinuidades visibles.		Presentación y acabado correcto.
Operador: Christian Villacrés				
Nivel: I Inspección de Soldadura			Firma: _____	
Supervisor: Ing. Miguel Villacrés				
Nivel: III Inspección de Soldadura			Firma: _____	
LABORATORIO/ INENDEC SA.			CLIENTE	
Fecha: 23/08/2013			Fecha: 23/08/2013	
Firma: _____			Firma: _____	

Fuente: Autores

5.2 Evaluación de resultados en comparación con el código.

5.2.1 Resultados obtenidos con los ensayos con RT, UT, TP, MT e IV.

- La soldadura de la probeta P1, respecto a lo dictaminado en el criterio de aceptación del código, es aceptable, pues está bajo el límite escogido, que fue Clase C, que indica que para el espesor de 21 mm. la ganancia adicional luego de la calibración del equipo debe ser de +4 dB, si el eco resultante sobrepasa dicha curva y la indicación es igual o mayor a 2" (50mm), la soldadura debe ser rechazada.
- La soldadura de la probeta P2 es rechazada, pues, en el ensayo radiográfico, es evidente la falta de fusión, mientras que, en ultrasonido, las discontinuidades clase C, encontradas sobrepasan la longitud de 2" con una ganancia adicional de +7 dB.
- Los ensayos superficiales realizados a las probetas P1 y P2 no reflejan discontinuidades abiertas a la superficie ni irregularidades pronunciadas.

5.2.2 Evaluación de los resultados con RT, UT, TP, MT e IV.

- Mediante los ensayos realizados a los cordones de soldadura, se puede verificar que los métodos volumétricos reflejaron discontinuidades internas, haciéndose evidente que los resultados arrojados por el ensayo ultrasónico son equivalentes en relación a la radiografía.
- Los métodos de inspección superficiales no reflejaron ninguna discontinuidad, lo que evidencia que estos ensayos tienen una limitación importante que deberá ser tomada en cuenta el momento de escoger el método más adecuado de inspección en cada caso.
- Como consecuencia del rechazo de la soldadura de la probeta P2 (si la misma fuese un elemento estructural), debería ser reparada, esmerilando hasta desaparecer la discontinuidad, entonces visible, y luego rellenar con soldadura nueva y con un procedimiento calificado, esto, bajo supervisión del inspector de soldadura.

5.2.3 Elaboración del WPS y PQR para mantenimiento de elementos estructurales.

Tabla 51. Especificaciones de procedimiento de soldadura (WPS)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> WPS ESPECIFICACIONES DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA </div>																																																			
Nombre de la Empresa: <u>TESIS</u> Proceso(s) de soldadura: <u>SMAW</u> TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> Soldador: <u>Marcos Acosta (M A)</u>					Identificación No.: <u>1</u> Soporte del PQR No.: <u>1</u> Revisión: _____ Fecha: _____ Por: _____ Autorizado por: _____																																														
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: <u>a Tope</u> Tipo de soldadura: <u>Ranura en V</u> SIMPLE <input checked="" type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/> Abertura de Raíz: <u>3.2 mm</u> Longitud de cara de Raíz: <u>3.2 mm</u> Ángulo de ranura: <u>60°</u> Radio (J/U): <u>-</u> Soporte: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Material del soporte: <u>-</u> Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <u>esmeril</u>					POSICIÓN RANURA <u>3G</u> FILETE <u>-</u> PLANCHA <input checked="" type="checkbox"/> TUBERÍA <input type="checkbox"/>																																														
METALES BASE <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> MB 1 Grupo: <u>I</u> Especificación del Acero: <u>ASTM A36</u> Grado: <u>-</u> Espesor de plancha: <u>21 mm</u> Diámetro (tubería): <u>-</u> </div> <div style="text-align: center;"> MB 2 Grupo: <u>I</u> Especificación del Acero: <u>ASTM A36</u> Grado: <u>-</u> Espesor de plancha: <u>12 mm</u> Diámetro (tubería): <u>-</u> </div> </div>					CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW): <div style="text-align: right;"> CORTO CIRCUITO <input type="checkbox"/> GLOBULAR <input type="checkbox"/> SPRAY <input type="checkbox"/> </div> CORRIENTE: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> PULSO <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/>																																														
METAL DE APORTE Especificación AWS: <u>A 5.1</u> Clasificación AWS: <u>E 6011 y E7018</u> Marca: <u>INDURA</u> Tamaño del electrodo: <u>3.2 mm</u>					TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA <input type="checkbox"/> OSCILANTE <input checked="" type="checkbox"/> PASE: SIMPLE <input type="checkbox"/> MÚLTIPLE <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza entre pases: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <u>esmeril</u>																																														
PROTECCIÓN Fundente: <u>Revestimiento</u> Gas: <u>-</u> Composición: _____ Velocidad de flujo: _____ Tamaño de la boquilla: _____					PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: <u>-</u> Temperatura de interpase: <u>-</u>																																														
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pase</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th rowspan="2">Progresión</th> <th colspan="2">Metales de Aporte</th> <th colspan="3">Corriente</th> <th rowspan="2">Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)</th> <th rowspan="2">Velocidad de avance (mm/min)</th> <th rowspan="2">Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura</th> </tr> <tr> <th>Clase</th> <th>Diám. (mm)</th> <th>Tipo y Polaridad</th> <th>Amperaje (Amp)</th> <th>Voltaje (Volt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SMAW</td> <td>ASCEND.</td> <td>E 6011</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>105</td> <td>17-19</td> <td></td> <td>84</td> <td rowspan="3"> </td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SMAW</td> <td>DESCEN.</td> <td>E 7018</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>140</td> <td>19-21</td> <td></td> <td>127</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>SMAW</td> <td>ASCEND.</td> <td>E 7018</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>140</td> <td>19-21</td> <td></td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table>					Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura	Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)	1	SMAW	ASCEND.	E 6011	3.2	DCEP	105	17-19		84		2	SMAW	DESCEN.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		127	3	SMAW	ASCEND.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		64
Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte					Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)				Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura																																			
			Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)																																												
1	SMAW	ASCEND.	E 6011	3.2	DCEP	105	17-19		84																																										
2	SMAW	DESCEN.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		127																																										
3	SMAW	ASCEND.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		64																																										
ELABORADO POR: _____ APROBADO POR: _____					FECHA: _____ COMPAÑÍA: _____																																														

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Tabla 52. Certificado de calificación del procedimiento (PQR)

<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> PQR CERTIFICADO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO </div>																																																								
Nombre de la Empresa: <u>TESIS</u> Proceso(s) de soldadura: <u>SMAW</u> TIPO: MANUAL <input checked="" type="checkbox"/> SEMIAUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> AUTOMÁTICO <input type="checkbox"/> Soldador: <u>Marcos Acosta (M A)</u>					Identificación No.: <u>1</u> Basado en el WPS No.: <u>1</u> Revisión: _____ Fecha: _____ Por: _____ Autorizado por: _____																																																			
DISEÑO DE UNIÓN Tipo de Unión: <u>a Tope</u> Tipo de soldadura: <u>Ranura en V</u> SIMPLE <input checked="" type="checkbox"/> DOBLE <input type="checkbox"/> Abertura de Raíz: <u>3.2 mm</u> Longitud de cara de Raíz: <u>3.2 mm</u> Ángulo de ranura: <u>60°</u> Radio (J/U): <u>-</u> Soporte: SI <input type="checkbox"/> NO <input checked="" type="checkbox"/> Material del soporte: <u>-</u> Limpieza de raíz: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <u>esmeril</u>					POSICIÓN RANURA <u>3G</u> FILETE <u>-</u> PLANCHAS <input checked="" type="checkbox"/> TUBERÍA <input type="checkbox"/>																																																			
METALES BASE <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">MB 1</th> <th style="text-align: center;">MB 2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: right;">Grupo:</td> <td style="text-align: center;"><u>I</u></td> <td style="text-align: center;"><u>I</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Especificación del Acero:</td> <td style="text-align: center;"><u>ASTM A36</u></td> <td style="text-align: center;"><u>ASTM A36</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Grado:</td> <td style="text-align: center;"><u>-</u></td> <td style="text-align: center;"><u>-</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Espesor de plancha:</td> <td style="text-align: center;"><u>21 mm</u></td> <td style="text-align: center;"><u>12mm</u></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Diámetro (tubería):</td> <td style="text-align: center;"><u>-</u></td> <td style="text-align: center;"><u>-</u></td> </tr> </tbody> </table>						MB 1	MB 2	Grupo:	<u>I</u>	<u>I</u>	Especificación del Acero:	<u>ASTM A36</u>	<u>ASTM A36</u>	Grado:	<u>-</u>	<u>-</u>	Espesor de plancha:	<u>21 mm</u>	<u>12mm</u>	Diámetro (tubería):	<u>-</u>	<u>-</u>	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS MODO DE TRANSFERENCIA (GMAW): <div style="text-align: right;"> CORTO CIRCUITO <input type="checkbox"/> GLOBULAR <input type="checkbox"/> SPRAY <input type="checkbox"/> </div> CORRIENTE: AC <input type="checkbox"/> DCEP <input checked="" type="checkbox"/> PULSO <input type="checkbox"/> DCEN <input type="checkbox"/>																																	
	MB 1	MB 2																																																						
Grupo:	<u>I</u>	<u>I</u>																																																						
Especificación del Acero:	<u>ASTM A36</u>	<u>ASTM A36</u>																																																						
Grado:	<u>-</u>	<u>-</u>																																																						
Espesor de plancha:	<u>21 mm</u>	<u>12mm</u>																																																						
Diámetro (tubería):	<u>-</u>	<u>-</u>																																																						
METAL DE APORTE Especificación AWS: <u>A 5.1</u> Clasificación AWS: <u>E 6011 y E7018</u> Marca: <u>INDURA</u> Tamaño del electrodo: <u>3.2 mm</u>					TÉCNICA APORTACIÓN: RECTA <input type="checkbox"/> OSCILANTE <input checked="" type="checkbox"/> PASE: SIMPLE <input type="checkbox"/> MÚLTIPLE <input checked="" type="checkbox"/> Limpieza entre pases: SI <input checked="" type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/> Método: <u>esmeril</u>																																																			
PROTECCIÓN Fundente: <u>Revestimiento</u> Gas: <u>-</u> Composición: _____ Velocidad de flujo: _____ Tamaño de la boquilla: _____					PRECALENTAMIENTO Temperatura de precalentamiento: <u>-</u> Temperatura de interpase: <u>-</u>																																																			
PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Pase</th> <th rowspan="2">Proceso</th> <th rowspan="2">Progresión</th> <th colspan="2">Metales de Aporte</th> <th colspan="3">Corriente</th> <th rowspan="2">Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)</th> <th rowspan="2">Velocidad de avance (mm/min)</th> <th rowspan="2">Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura</th> </tr> <tr> <th>Clase</th> <th>Diám. (mm)</th> <th>Tipo y Polaridad</th> <th>Amperaje (Amp)</th> <th>Voltaje (Volt)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>SMAW</td> <td>ASCEND.</td> <td>E 6011</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>105</td> <td>17-19</td> <td></td> <td>84</td> <td rowspan="3"> </td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>SMAW</td> <td>DESCEN.</td> <td>E 7018</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>140</td> <td>19-21</td> <td></td> <td>127</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>SMAW</td> <td>ASCEND.</td> <td>E 7018</td> <td>3.2</td> <td>DCEP</td> <td>140</td> <td>19-21</td> <td></td> <td>64</td> </tr> </tbody> </table>					Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte		Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)	Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura	Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)	1	SMAW	ASCEND.	E 6011	3.2	DCEP	105	17-19		84		2	SMAW	DESCEN.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		127	3	SMAW	ASCEND.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		64	POSTCALENTAMIENTO Temperatura: <u>-</u> Tiempo: <u>-</u>				
Pase	Proceso	Progresión	Metales de Aporte					Corriente			Velocidad de alimentación del alambre (mm/min)	Velocidad de avance (mm/min)				Detalles de la Unión y Secuencia de soldadura																																								
			Clase	Diám. (mm)	Tipo y Polaridad	Amperaje (Amp)	Voltaje (Volt)																																																	
1	SMAW	ASCEND.	E 6011	3.2	DCEP	105	17-19		84																																															
2	SMAW	DESCEN.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		127																																															
3	SMAW	ASCEND.	E 7018	3.2	DCEP	140	19-21		64																																															
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div> ELABORADO POR: _____ APROBADO POR: _____ </div> <div> FECHA: _____ COMPAÑÍA: _____ </div> </div>																																																								

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

CAPÍTULO VI

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

Los procedimientos de soldadura realizados con la técnica SMAW en la tesis, cumplieron con todos los ensayos de calificación. Este resultado determina que dichos procedimientos serán aptos para aplicarse en la producción.

El sistema de inspección desarrollado, apoya al inspector en la correcta ejecución de los Ensayos No Destructivos aplicables a soldadura de estructura metálica, tomando en cuenta, en su desarrollo, regulaciones establecidas por normas de soldadura como Código AWS D1.1/D1.1M:2010., guiando los pasos a seguir y los datos útiles a recolectar, para así ofrecer de manera óptima un trabajo de calidad.

Los procedimientos planteados en este trabajo permiten al constructor manejar la información producida por las pruebas no destructivas de forma fácil y estandarizada, asegurar la calidad de la soldadura de su estructura metálica, optimizando así sus procesos de producción, reparando apropiadamente las posibles fallas detectadas y evaluando los puntos críticos en el proceso de soldadura.

Los ensayos superficiales realizados a las probetas P1 y P2 no reflejan discontinuidades abiertas a la superficie ni irregularidades pronunciadas. El estricto cumplimiento de estos procedimientos, permitirán a la empresa INENDEC SA. Continuar con el prestigio y la credibilidad alcanzada hasta la actualidad

Mediante la elaboración de los formatos de calificación de soldadura (WPS y PQR), los ensayos realizados a los cordones de soldadura, se puede verificar que los métodos volumétricos reflejaron discontinuidades internas, haciéndose evidente que los resultados arrojados por el ensayo ultrasónico son equivalentes en relación a la radiografía.

6.2 Recomendaciones

Adquirir equipos modernos y contar con personal capacitado, calificado y certificado, por ende, con experiencia previa en Ensayos No Destructivos, pues de esta manera, se aprovechará mejor el tiempo y se obtendrán resultados de calidad.

Impulsar, con el apoyo de colegios profesionales, cámaras gremiales y otras relaciones públicas, la vigencia y aplicación de (al menos) normas locales, que exijan técnicamente el uso del servicio de inspección de soldadura en estructuras metálicas en edificaciones civiles, con lo que se justificaría la razón social del Código AWS D1.1/D1.1M:2010.

Considerar los enunciados en las conclusiones, como consecuencia del rechazo de la soldadura de la probeta P2, debería ser reparada, esmerilando hasta desaparecer la discontinuidad visible y luego rellenar con soldadura nueva y con un procedimiento calificado, bajo supervisión del inspector de soldadura.

Capacitar al personal que opere equipos de radiografía industrial, mediante el curso de Protección Radiológica impartido por la Comisión Ecuatoriana de Energía Atómica.

Implementar nuevas técnicas de END como análisis de vibraciones para estructuras dinámicas, corrientes inducidas, termografía, y ensayo de fugas.

BIBLIOGRAFÍA

American Welding Society, AWS D1.1. 2010. *Codigo de Soldadura Estructural*. Estados Unidos : AWS, 2010.

PATTON, W.J. 1982. *Ciencia y Técnicas de la Soldadura*. Bilbao : Urmo S.A, 1982. págs. 248-249.

RUIZ, Rubio. 1971. *Inspecciones Radiograficas de Uniones Soldadas*. Bilbao : Urmo S.A, 1971. págs. 65-88.

Welding Brazing and Soldering. 1993. Arc Welding of Carbon Steel. Decima. 1993, Vol. 6, pág. 102.

Welding SocietyAmerican, AWS. 2010. Miami : AWS, 2010. Seccion 4.

ZAPATA, Alberto. 2004. Código de Soldadura Estructural. [En línea] 2004.
<http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/7325/4341>.

ANEXOS

ANEXO A

Tablas de temperatura — contenido de humedad

Figura A1. Gráfico de temperatura y contenido de humedad para determinar el tiempo de exposición atmosférico de electrodos SMAW de bajo hidrógeno.

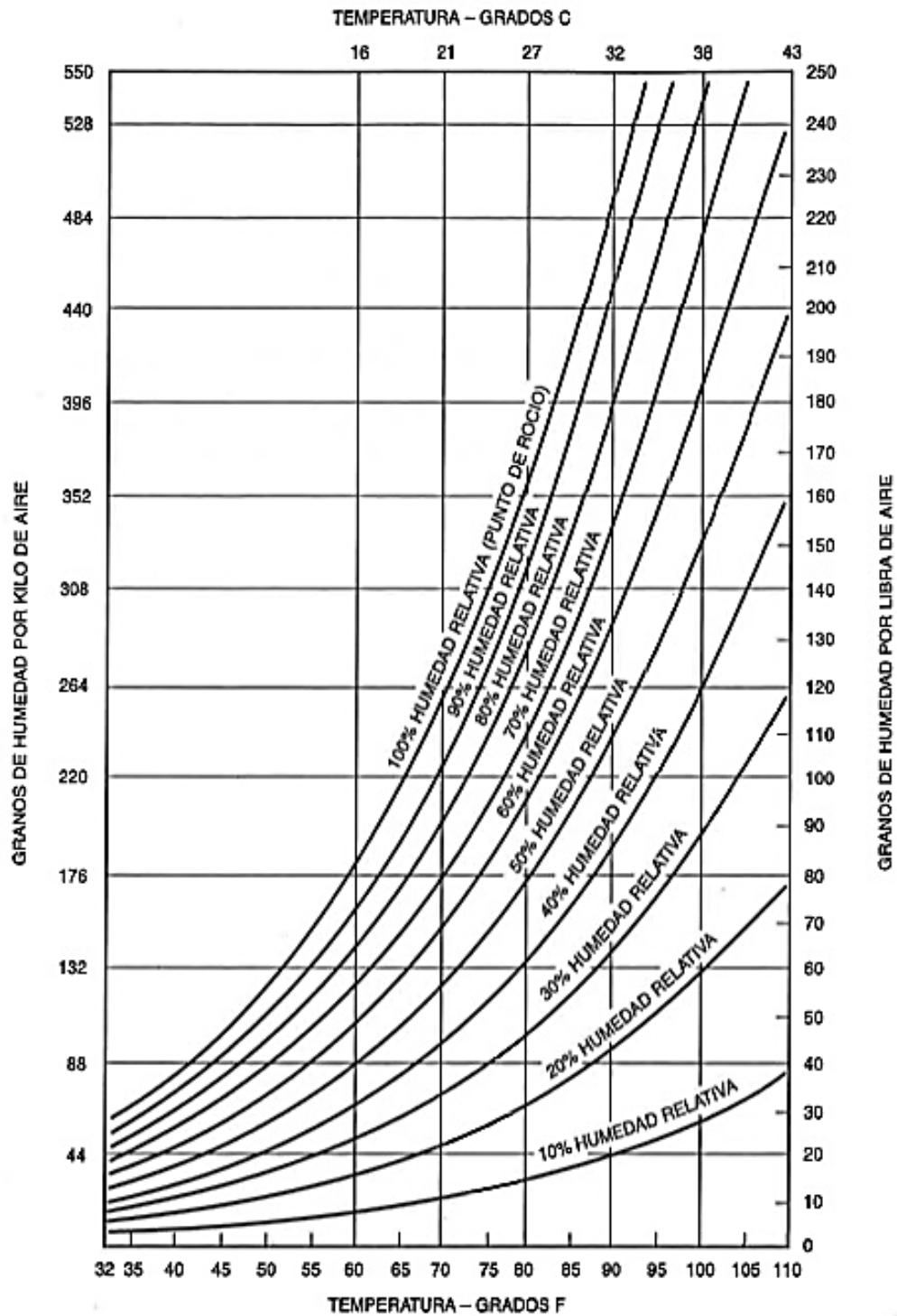
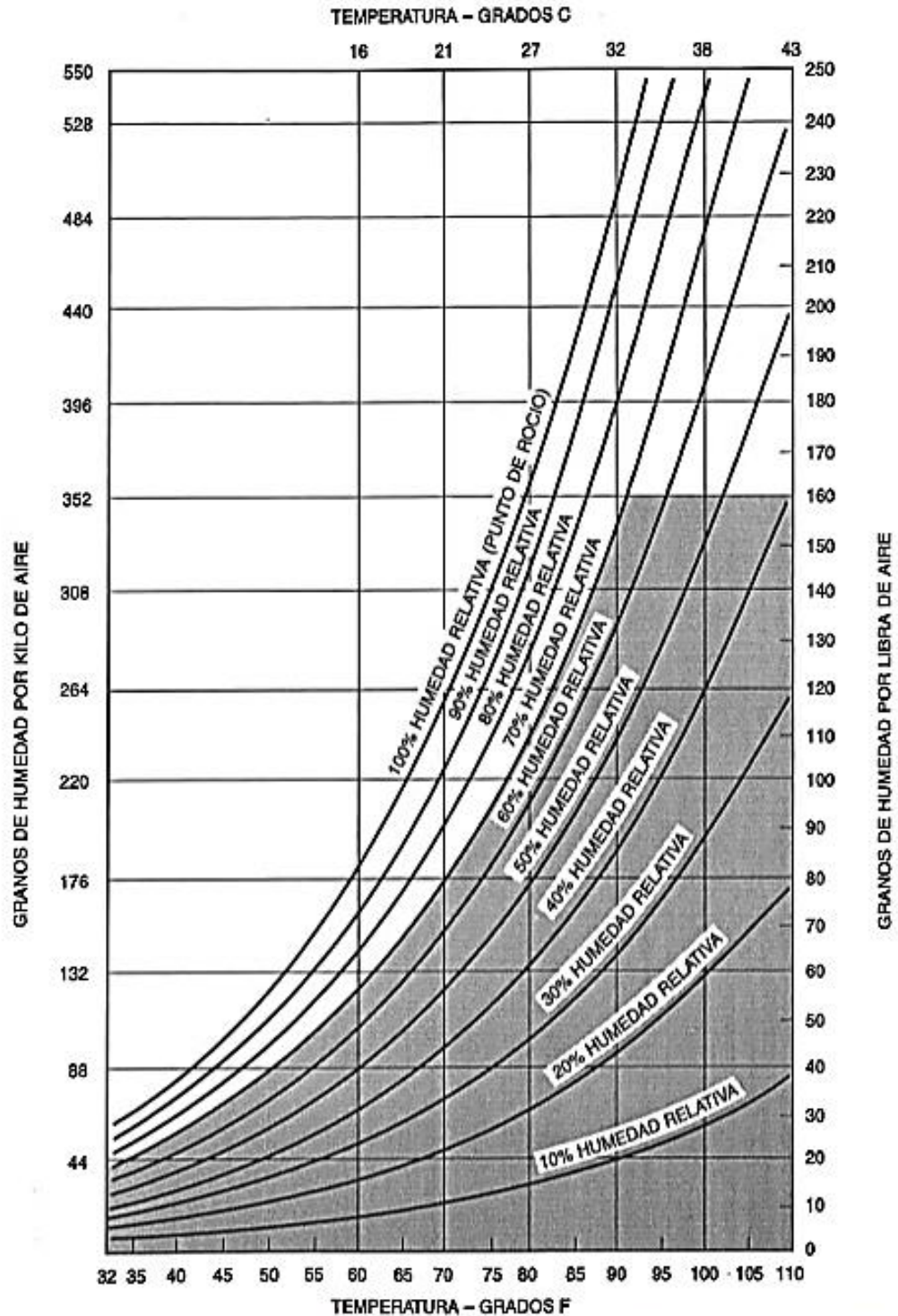


Figura A2. Aplicación del gráfico de temperatura y contenido de humedad para determinar el tiempo de exposición atmosférico de electrodos SMAW de bajo hidrógeno.



EJEMPLO UN ELECTRODO EN SAYADO A 90° F (32° C) Y 70% DE HUMEDAD RELATIVA (RH) PUEDE SER USADO BAJO LAS CONDICIONES MOSTRADAS POR EL ÁREA GRIS. EL USO BAJO OTRAS CONDICIONES REQUIERE MAS PRUEBAS.

ANEXO B

GUÍA DE MÉTODOS ALTERNOS PARA DETERMINAR EL PRECALENTADO

B1 Introducción

El propósito de esta guía es proporcionar opciones de métodos alternos para determinar las condiciones de la soldadura (principalmente el precalentamiento) para así evitar fisuración en frío. Los métodos están basados principalmente en investigaciones a pequeña escala llevadas a cabo a través de varios años en distintos laboratorios a nivel mundial; ningún método está disponible para predecir las condiciones óptimas en todos los casos pero, la guía considera varios factores importantes como son: el nivel de hidrógeno y la composición del acero, no incluidos explícitamente en los requerimientos de la tabla 3.2. La guía, puede ser entonces de valor para indicar si los requerimientos de la tabla 3.2 son demasiado conservadores o en algunos casos no son lo suficientemente exigentes.

Se refiere al usuario, al comentario para una presentación más detallada de los antecedentes científicos y en la información de investigación que encabeza a los dos métodos propuestos.

Al usar esta guía como una alternativa a la tabla 3.2, se deberá dar consideraciones especiales a las suposiciones realizadas, valores seleccionados y experiencia previa.

B2 Métodos.

Se utilizan dos métodos como la base para estimar las condiciones de soldado y prevenir el agrietamiento en frío:

(1) Control de dureza de la HAZ

(2) Control de hidrógeno

B3 Control de dureza de la HAZ.

B3.1 Las estipulaciones incluidas en esta guía para el uso de éste método están restringidas para la soldadura de filete.

B3.2 Este método se basa en la suposición de que no ocurrirán fisuras si se mantiene la dureza de la HAZ por debajo de algún valor crítico, esto se logra controlando la tasa de enfriamiento por debajo de un valor crítico que depende de la templabilidad del

acero, la templabilidad del acero en la soldadura se refiere a su facilidad HAZ dura y puede ser caracterizada por la tasa de enfriamiento necesaria para producir un nivel dado de dureza. Los aceros con una alta templabilidad pueden, por lo tanto, producir una HAZ dura a tasas de enfriamiento más lentas que un acero con menor templabilidad.

Las ecuaciones y gráficas se encuentran disponibles en la literatura técnica que relaciona la tasa de enfriamiento de la soldadura al espesor de los miembros de acero, tipo de junta, condiciones de soldadura y variables.

B3.3 La selección de dureza crítica, dependerá en un número de factores como el tipo de acero, nivel de hidrógeno, restricciones y condiciones de servicio, los ensayos de laboratorio con soldadura de filete muestran que la fisuración en la HAZ no ocurre si el número de dureza Vickers de la HAZ (HV) es menor que 350 HV, aún con electrodos de alto hidrógeno, con electrodos de bajo hidrógeno se pueden tolerar las durezas de 400 HV sin fisuración, sin embargo, dichas durezas pueden no ser toleradas en servicio cuando hay un aumento de riesgo de fisuración por corrosión bajo tracción, inicio de fractura frágil u otros riesgos para la seguridad o servicio de la estructura.

La tasa de enfriamiento crítica para una dureza dada, puede aproximadamente relacionarse con el carbono equivalente (CE) del acero (ver figura B.2). Ya que la relación es solo aproximada, la curva que se muestra en la figura B.2, puede ser conservadora para aceros al carbono y al carbono manganeso, permitiendo así, el uso de la curva de alta dureza con menor riesgo.

Algunos aceros de baja aleación de forma particular aquellos que contienen columbio (niobio), pueden ser más templables que lo que indica la figura B.2 y se recomienda el uso de la curva con menor dureza.

B3.4 Aunque se puede usar el método para determinar un nivel de precalentamiento, su valor principal es el de determinar el ingreso del calor de aporte mínimo (y así el tamaño de soldadura mínimo) que previene el endurecimiento excesivo, es de gran ayuda para determinar el tamaño mínimo de soldaduras de filete de un solo pase que pueden ser depositadas sin precalentarse.

B3.5 La propuesta de dureza, no considera la posibilidad de fisuración en el metal de soldadura; sin embargo, a través de la experiencia se encuentra que el calor de aporte determinado por este método es usualmente el adecuado para prevenir la fisuración del metal de soldadura, en la mayoría de los casos, en las soldaduras de filete si el electrodo

no es un metal de aporte de alta resistencia y es generalmente del tipo de bajo hidrógeno (e.g. electrodo de bajo hidrógeno (SMAW), GMAW, FCAW, SAW).

B3.6 El nivel de hidrógeno y restricciones no se consideran de forma explícita, ya que este método depende únicamente en controlar la dureza de la HAZ

B3.7 Este método no es aplicable para aceros templados y revenidos, (ver B5.2 (3) para limitaciones).

B4 Control de hidrógeno

B4.1 El método de control de hidrógeno se basa en la suposición de que no sucederá un agrietamiento si la cantidad promedio restante de hidrógeno en la junta, después de que se ha enfriado hasta 120°F [50°C] no excede un valor crítico dependiente de la composición del acero y la restricción, el precalentamiento necesario para permitir que suficiente hidrógeno difunda fuera de la junta, puede ser estimado utilizando este método.

B4.2 Este método se basa principalmente en los resultados de ensayos de soldaduras de canal restringidas PJP; el metal de soldadura utilizado en los ensayos igualados en el metal base. No ha existido un ensayo extensivo de este método sobre soldaduras de filete; sin embargo, al permitir una restricción, el método ha sido adaptado de forma adecuada para esas soldaduras.

B4.3 Se requiere para el método de hidrógeno, una determinación del nivel de restricciones y el nivel de hidrógeno original en el charco de soldadura.

En esta guía, la restricción se califica como alta, media y baja; y la categoría se establecerá por experiencia.

B4.4 El método de control de hidrógeno se basa en un cordón de soldadura único de bajo calor de aporte que representa el pase de raíz y asume que la HAZ se endurece, entonces, este método es de particular ayuda para aceros de alta resistencia y baja aleación que tienen una alta templeabilidad y donde el control de dureza no es siempre viable, consecuentemente se asume que la HAZ se endurece totalmente, el precalentamiento predicho puede ser muy conservador para aceros de carbono.

B5 Selección de método

B5.1 Se recomienda el siguiente método como una guía de selección ya sea para el método de control de dureza o control de hidrógeno.

Determinar carbono y carbono equivalente:

$$CE = C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

Para ubicar la posición de la zona del acero en la figura B.1 (ver B6.1.1 para las diferentes formas de obtener un análisis químico).

B5.2 Las características de desempeño de cada zona y la acción recomendada son las siguientes:

B5.2.1 Zona I. La fisuración es improbable, pero puede ocurrir con hidrógeno o restricciones altas. Utilizar el método de control de hidrógeno para determinar el precalentamiento de los aceros en esta zona.

B5.2.2 Zona II. El método de control de dureza y dureza seleccionada se deberá usar para determinar la mínima energía de aporte para soldaduras de filete de un solo pase sin precalentamiento.

Si la energía aportada no es práctica, debe utilizarse el método de hidrógeno para determinar el precalentamiento.

Para soldaduras de canal, el método de control de hidrógeno deberá ser utilizado para determinar el precalentamiento.

Para aceros con alto carbono, un mínimo de energía para controlar la dureza y precalentamiento para controlar el hidrógeno puede ser requerido para ambos tipos de soldaduras, i.e. soldaduras de filete y de canal.

B5.2.3 Zona III. El método de control de hidrógeno se debe utilizar cuando el aporte de calor sea restringido para conservar las propiedades de la HAZ (e.g. algunos ajeros templados y revenidos), el método de control de hidrógeno debería ser utilizado para determinar el recalentamiento.

B6 Guía detallada

B6.1 Método de dureza

B6.1.1 El carbono equivalente se deberá calcular como se muestra.

$$CE = C + \frac{(Mn + Si)}{6} + \frac{(Cr + Mo + V)}{5} + \frac{(Ni + Cu)}{15}$$

El análisis químico se puede obtener de:

- (1) Certificados de ensayo de la acería.

- (2) Composición química típica de la producción (de la acería).
- (3) Composición química de la especificación (utilizando valores máximos)
- (4) Ensayos de usuario (análisis químico)

B6.1.2 La tasa crítica de enfriamiento deberá ser determinada para una dureza máxima de la HAZ seleccionada de 400HV o 350HV de la figura B.2.

B6.1.3 Se debe seleccionar el diagrama apropiado de la figura B.3 y el calor de aporte mínimo para soldaduras de filete de un solo pase deberá ser determinado utilizando espesores aplicables para las placas de "alma" y "ala", esta energía de aporte aplica para soldaduras S AW.

B6.1.4 Para otros procesos, la mínima energía de aporte para soldaduras de filete de un solo pase se puede estimar al aplicar los siguientes factores multiplicadores - la energía estimada para los procesos SAW en B6.1.3:

Proceso de soldadura	Factor multiplicador
SAW	1
SMAW	1.50
EMAW, FCAW	1.25

B6.1.5 La figura B.4 puede ser utilizada para determinar los tamaños de filete como una función de la energía apenada.

B6.2 Método de control de hidrógeno.

B6.2.1 El valor del parámetro de composición, Pcm. se deberá calcular como sigue:

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B$$

El análisis químico se deberá determinar cómo I6.1.1

B6.2.2 El nivel de hidrógeno se deberá determinar y definir como se muestra a continuación:

B6.2.2.1 *HI hidrógeno extra bajo.* Estos consumibles proporcionan un contenido de hidrógeno difusible menor a 5 ml/100g de metal depositado cuando se mide utilizando ISO 3690-1976 o, un contenido de humedad de revestimiento de electrodo máxima de 0.2% en conformidad con AWS A5.1 o A5.5, esto se puede establecer probando cada tipo, marca o combinación de alambre/fundente, utilizada después de retirar de cada paquete o contenedor y expuesto a la duración requerida con las debidas

consideraciones de las condiciones reales previas al uso inmediato, se puede asumir lo siguiente para cumplir con este requerimiento:

(a) Electrodo de bajo hidrógeno tomados de contenedores sellados herméticamente, secados durante una hora a 700°F-800°F [370°-430°C] y utilizados durante las dos horas posteriores a su retiro.

(b) GMAW con alambres sólidos y limpios.

B6.2.2.2 H2 Bajo hidrógeno. Estos consumibles proporcionan un contenido de hidrógeno difusible menor a 10 ml/100g de metal depositado cuando se mide utilizando ISO 3690-1976 o, un contenido de humedad de revestimiento de electrodo máximo de 0.4% en conformidad con AWS A5.1, esto se puede establecer probando cada tipo, marca o combinación de alambre/fundente utilizada, se puede asumir lo siguiente para cumplir con este requerimiento:

Electrodos de bajo hidrógeno tomados de contenedores sellados herméticamente, acondicionados en conformidad con 5.3.2.1 del código y utilizado durante las cuatro horas posteriores a su retiro. SAW con fundente seco.

B6.2.2.3 H3 hidrógeno no controlado. Todos los demás consumibles que no cumplan con los requerimientos de H1 o H2.

B6.2.3 Se deberá determinar el grupo de índice de susceptibilidad de la tabla B.1.

B6.2.4 Niveles Mínimos de Precalentamiento e interpase, la tabla B.2 proporciona las mínimas temperaturas de precalentamiento y de interpase que deberán ser usadas, la tabla B.2 proporciona tres niveles de restricciones; el nivel de restricción a utilizarse, se deberá determinar en conformidad con B6.2.5.

B6.2.5 Restricción. La clasificación de los tipos de soldadura a varios niveles de restricciones, se deberá determinar en base a la experiencia, criterio de ingeniería, investigación y cálculos.

Se han proporcionado tres niveles de restricción:

B6.2.5.1 Restricción baja. Este nivel describe juntas soldadas de filete y de canal comunes en las cuales existe una razonable libertad de movimiento de los miembros.

B6.2.5.2 Restricción media. Este nivel describe juntas soldadas de filete y de canal en las cuales, debido a miembros que ya han sido unidos al trabajo estructural existe una libertad de movimiento reducida.

B6.2.5.3 Restricción alta. Este nivel describe soldaduras en donde no hay libertad de movimiento para los miembros unidos (como soldaduras de reparación, especialmente en material grueso).

B6.2.5.4

Tabla B.1 Índice de agrupación de susceptibilidad como función de hidrógeno en el nivel “H” y composición de parámetro Pcm (ver B6.2.3)

Nivel ríe Hidrógeno	Índice b de Agrupación de Susceptibilidad ^c Carbono Equivalente = Pacm				
	<0.18	<0.23	<0.28	<0.33	<0.38
H1	A	B	C	D	E
H2	B	C	D	E	F
H3	C	D	E	F	G

$$^a \text{Pcm} = \text{C} + \frac{\text{Si}}{30} + \frac{\text{Mn}}{20} + \frac{\text{Cu}}{20} + \frac{\text{Ni}}{60} + \frac{\text{Cr}}{20} + \frac{\text{Mo}}{15} + \frac{\text{V}}{10} + 5\text{B}$$

^b Índice de Susceptibilidad— $12 \text{ Pcm} + \log|0 \text{ H}$.

^c índice de Agrupación de Susceptibilidad, de la A hasta la G, abarca el efecto combinado del parámetro de composición Pcm, y el nivel de hidrógeno H, en conformidad con la formula mostrada en la Nota b.

Las cantidades exactas numéricas se obtienen por la fórmula de la Nota b usando los valores de Pcm y los próximos valores de H, dados en ml/100g de metal de soldar [ver B6.2.2, (1), (2), (3)]:

H1—5; H2—10; H3—30.

Para mayor conveniencia, el índice de Agrupación de Susceptibilidad ha sido expresado en la tabla por letras, de la A hasta la G, para cubrir los próximos rangos:

A = 3.0; B = 3.1-3.5; C = 3.6-4.0; D = 4.1-4.5; E = 4.6-5.0; F = 5.1-5.5; G = 5.6-7.0

Estas agrupaciones están usadas en la tabla 1.2 en conjunto con la retención y espesor para determinar el mínimo precalentamiento y temperatura de interpose.

Tabla B.2 Precalentamiento mínimo y temperaturas de interpase para tres niveles de retención (ver B6.2.4).

Temperaturas de Precalentamiento Mínimo e Interpase (°F) ^b								
Nivel de Retención	Espesor ^a en pulg.	índice de Agrupación de Susceptibilidad						
		A	B	C	D	E	F	G
Bajo	<3/8	< 65	<65	< 65	<65	140	280	300
	3/8—3/4 incl.	< 65	< 65	65	140	210	280	300
	>3/4—1-1/2 incl.	< 65	<65	65	175	230	280	300
	> 1-1/2-3 incl.	65	65	100	200	250	280	300
	>3	65	65	100	200	250	280	300
Medio	<3/8	<65	<65	<65	<65	160	280	320
	3/8-3/4 incl.	<65	< 65	65	175	240	290	320
	>3/4-1-1/2 incl.	<65	65	165	230	280	300	320
	> 1-1/2—3 incl.	65	175	230	265	300	300	320
	>3	200	250	280	300	320	320	320
Alto	<3/8	< 65	< 65	<65	100	230	300	320
	3/8—3/4 incl.	<65	65	150	220	280	320	320
	>3/4-1-1/2 incl.	65	185	240	280	300	320	320
	> 1 -1/2—3 incl.	240	265	300	300	320	320	320
	>3	240	265	300	300	320	320	320

(Continuado)

a El espesor es aquella parte más gruesa de la soldadura.

b “<” indica que el precalentamiento y la temperatura de interpase menores a la temperatura mostrada pueden ser aceptable para prevenir agrietamiento de hidrógeno. Temperaturas de precalentamiento e interpase que son menores a las temperaturas listadas y menores a las de la tabla 3.2 deben ser calificadas por uno ensayo.

Tabla B.2 (continuación) precalentamiento mínimo y temperaturas de interpase para tres niveles de retención (ver B6.2.4)

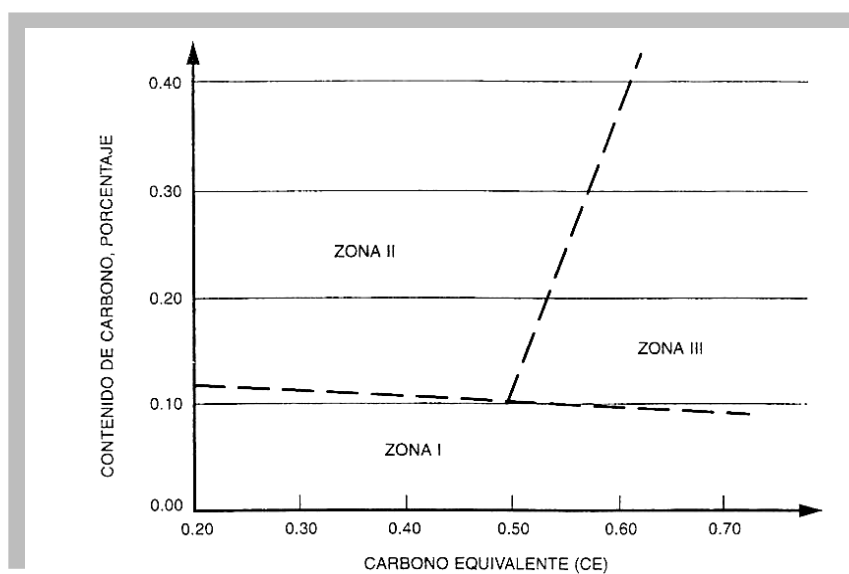
Temperaturas de Precalentamiento Mínimo e Interpase (°F) ^b								
Nivel de Retención	Espesor ^a en mm	Índice de Agrupación de Susceptibilidad						
		A	B	C	D	E	F	G
Bajo	< 10	<20	<20	<20	<20	60	140	150
	10-20 incl.	<20	<20	20	60	100	140	150
	> 20-38 incl.	<20	<20	20	80	110	140	150
	> 38-75 incl.	20	20	40	95	120	140	150
	>75	20	20	40	95	120	140	150
Medio	< 10	<20	<20	<20	<20	70	140	160
	10-20 incl.	<20	<20	20	80	115	145	160
	> 20-38 incl.	20	20	75	110	140	150	160
	> 38-75 incl.	20	80	110	130	150	150	160
	>75	95	120	140	150	160	160	160
Alto	< 10	<20	<20	20	40	110	150	160
	10-20 incl.	<20	20	65	105	140	160	160
	> 20-38 incl.	20	85	115	140	150	160	160
	> 38-75 incl.	115	130	150	150	160	160	160
	>75	115	130	150	150	160	160	160

^a El espesor es aquella parte más gruesa de la soldadura.

^b “<” indica que el precalentamiento y la temperatura de interpase menores a la temperatura mostrada pueden ser aceptable para prevenir agrietamiento de hidrógeno.

Temperaturas de precalentamiento e Interpase que son menores a las temperaturas listadas y menores a las de la tabla 3.2 deben ser calificadas por uno ensayo.

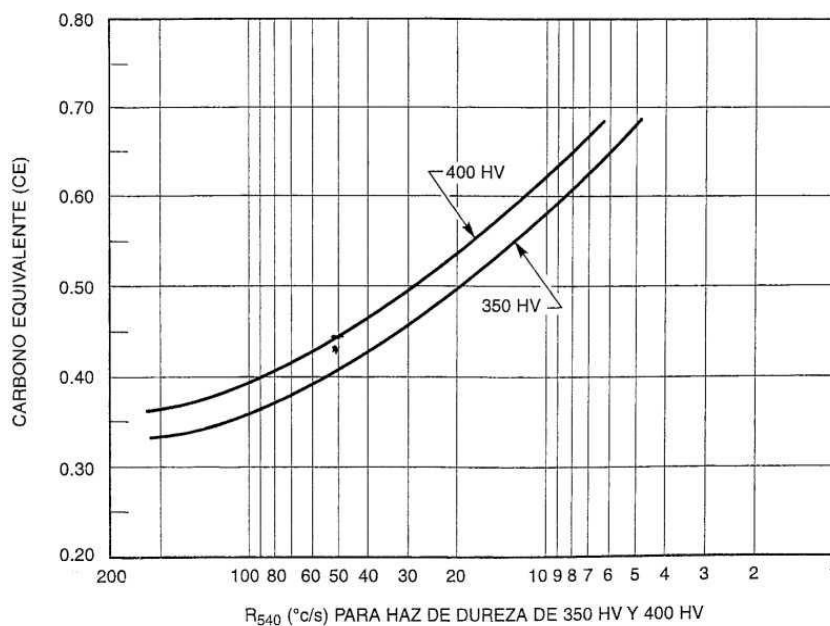
Figura B-1 – Clasificación de la zona de aceros (Ver I5.1)



Notas:

$$CE = C + (Mn + Si)/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15.$$

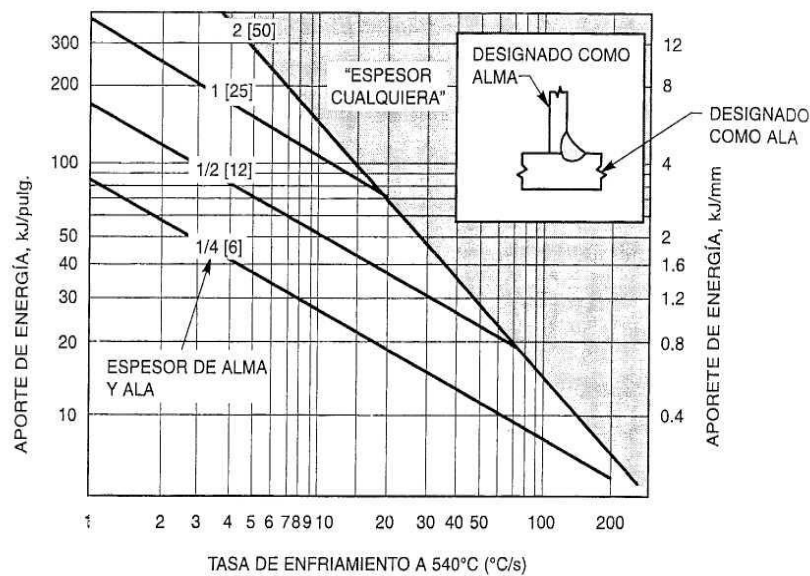
Figura B-2 – Tasa de Enfriamiento Crítico para 350 HV y 400 HV (Ver I3.3)



Nota General: $CE = C + (Mn + Si)/6 + (Cr + Mo + V)/5 + (Ni + Cu)/15$

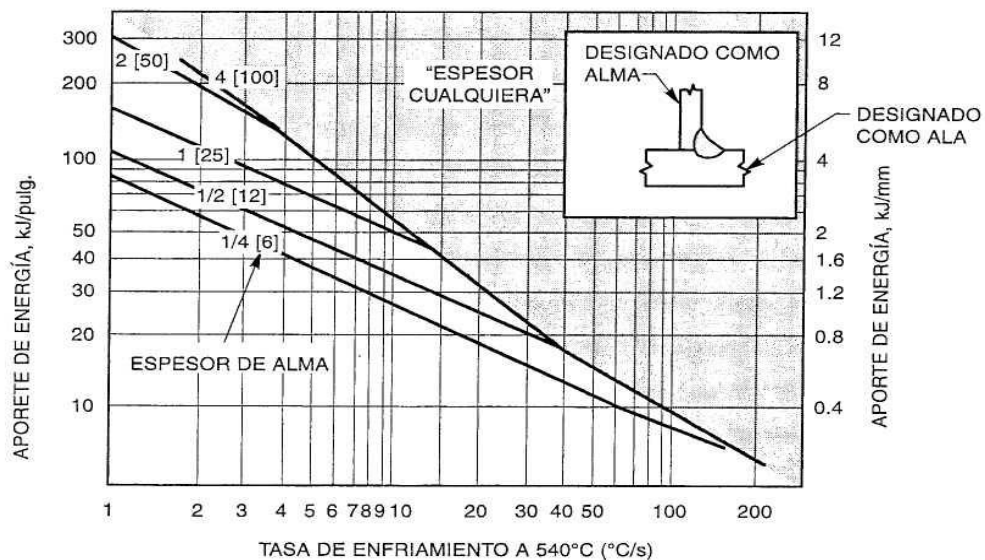
Figura B-3 – Gráficos para determinar tasas de enfriamiento para soldaduras de filete de pase-individual SAW (Ver B6.1.3).

(A) Soldaduras de filete de pase-individual SAW con ala y alma del mismo espesor.

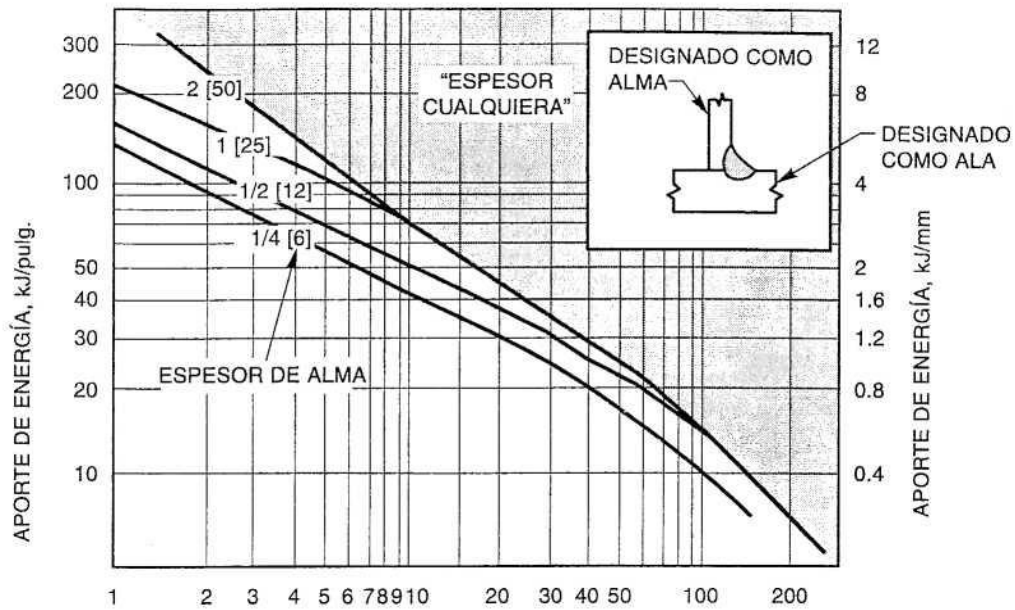


Nota: El aporte de energía determinado por el gráfico no debe emplear oportunidad para aplicaciones prácticas. Para cierta combinación de espesores, puede ocurrir derretimiento a través del espesor.

(B) Soldaduras de filete aserradas de una sola pasada, con ala con 1/4 de pulg. [6 mm] de espesor y alma con espesor variante.



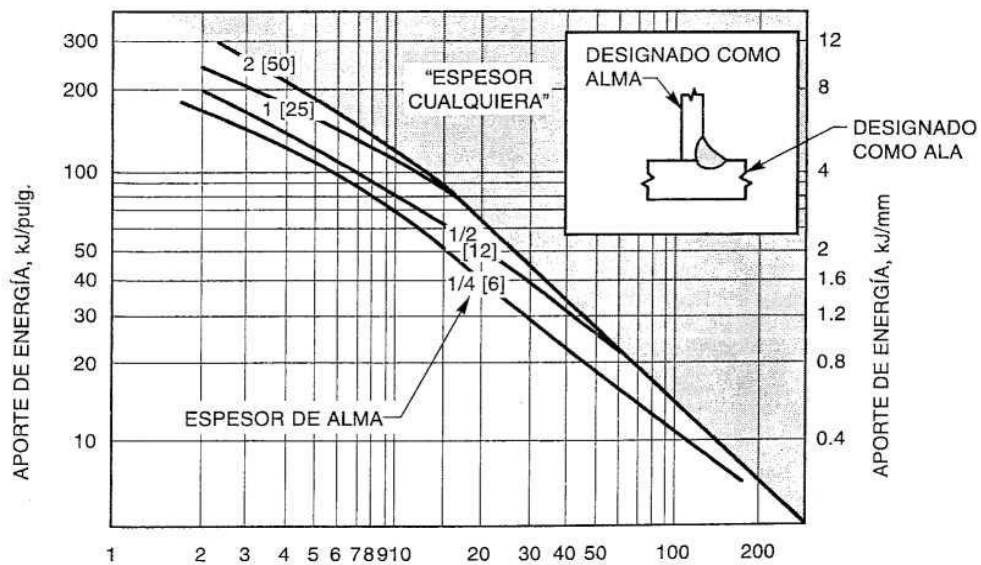
(C) Soldaduras de filete de pase-individual saw con ala con 1/2 pulg. [12 mm] de espesor y alma con espesor variante.



TASA DE ENFRIAMIENTO A 540°C (°C/s)

Nota: El aporte de energía determinado por el gráfico no debe emplear oportunidad para aplicaciones prácticas, para cierta combinación de espesores, puede ocurrir derretimiento a través del espesor.

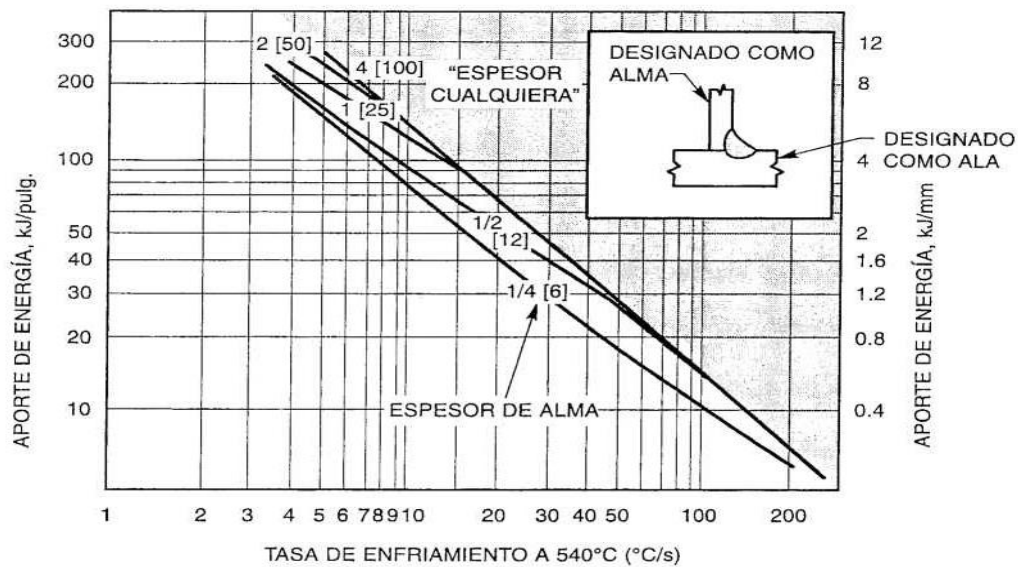
(D) Soldaduras de filete de pase-individual saw con ala con 1 pulg. [25 mm] de espesor y alma con espesor variante.



TASA DE ENFRIAMIENTO A 540°C (°C/s)

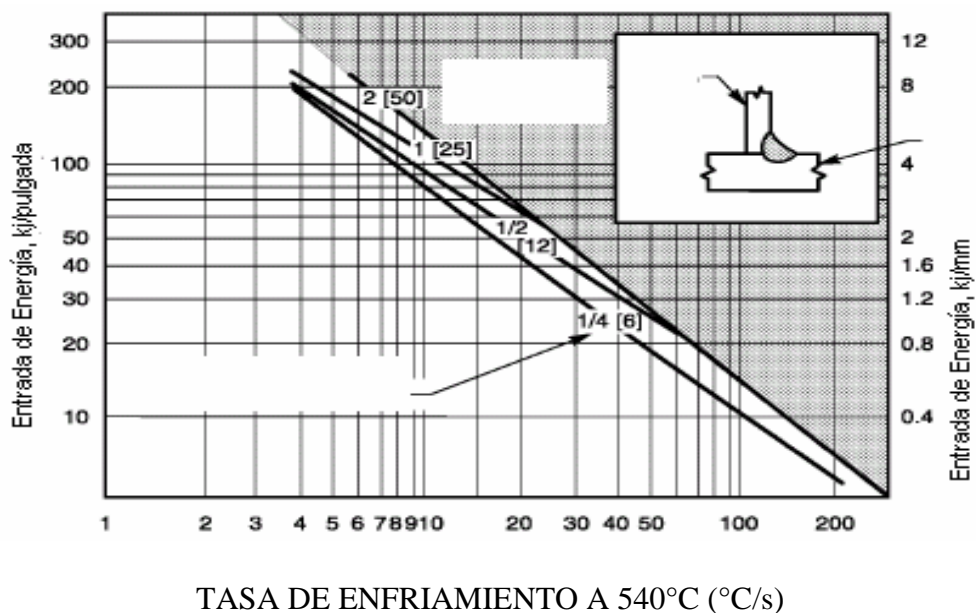
Nota: El aporte de energía determinado por el gráfico no debe emplear oportunidad para aplicaciones prácticas, para cierta combinación de espesores, puede ocurrir derretimiento a través del espesor.

(E) Soldaduras de filete de pase-individual saw con ala con 2 pulg. [50 mm] de espesor y alma con espesor variante.



Nota: El aporte de energía determinado por el gráfico no debe emplear oportunidad para aplicaciones prácticas, para cierta combinación de espesores, puede ocurrir derretimiento a través del espesor.

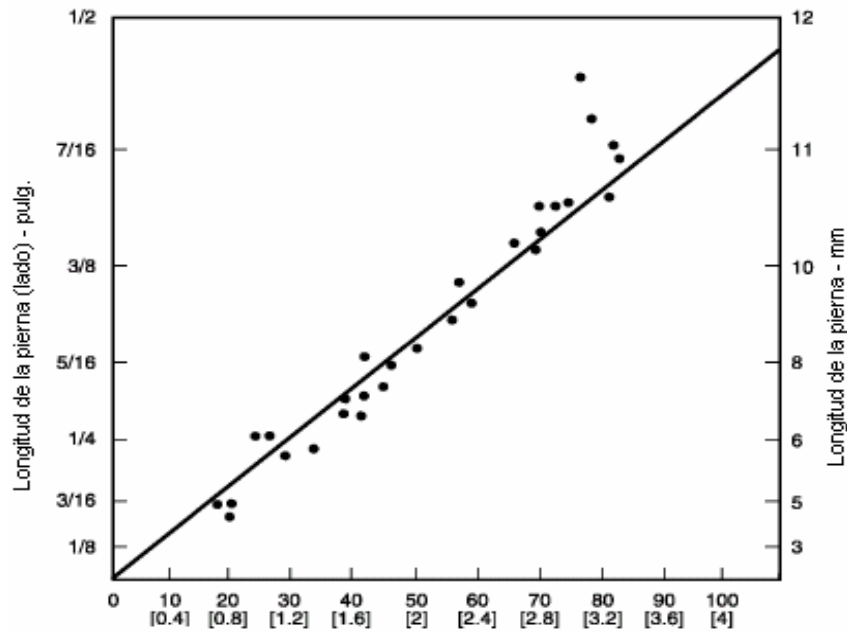
(F) Soldaduras de filete de pase-individual saw con ala con 4 pulg. [100 mm] de espesor y alma con espesor variante.



Nota: El aporte de energía determinado por el gráfico no debe emplear oportunidad para aplicaciones prácticas, para cierta combinación de espesores, puede ocurrir derretimiento a través del espesor.

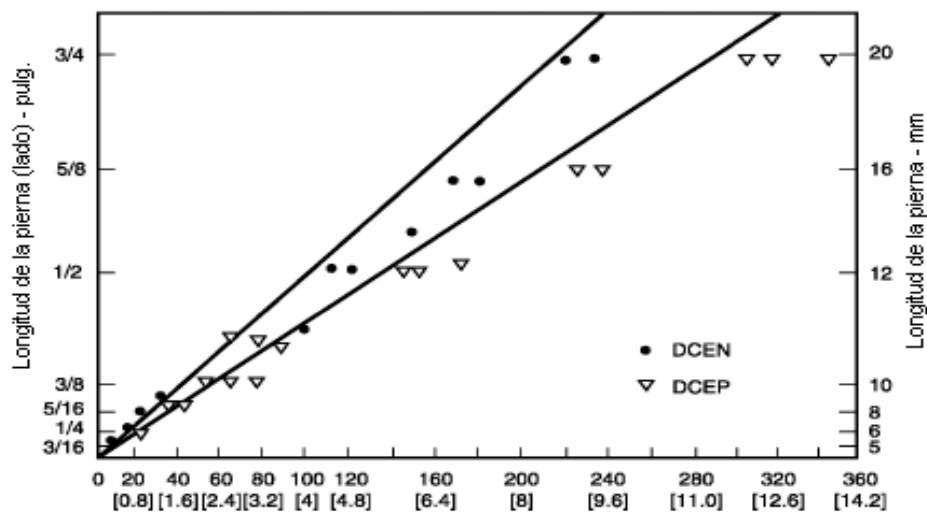
Figura B-4 – Relación entre el aporte de energía y el tamaño de la soldadura de filete
(ver B6.1.5).

(A) (SMAW) = Soldadura al arco con metal protegido.



Entrada promedio de energía - kJ/pulg. (kJ/mm)

(B) (SAW) = Soldadura por arco sumergido



Entrada promedio de energía - kJ/pulg. (kJ/mm)

ANEXO C

Ejemplos de planillas de soldadura

Este anexo contiene seis planillas que el Comité de Soldadura Estructural ha aprobado para el registro de calificación del WPS, la calificación del soldador, la calificación del operador de la soldadura, y la información de la calificación de apuntalador requeridos por este código. Se incluyen también, planillas de reporte de laboratorio para registrar los resultados de las NDT en las soldaduras. Se recomienda que la información NDT y calificación requerida por este código, se registre en estas planillas similares que hayan sido preparados por el usuario. Son permitidas las variaciones en estas planillas para que se ajusten a las necesidades del usuario.

C1. Comentario en el uso de las planillas WPS N-1 (frente) y N-1 (reverso).

La planilla C-1, se puede utilizar para registrar la información de WPS o PQR. El usuario deberá indicar su aplicación seleccionada en las casillas apropiadas, o el usuario puede elegir el dejar en blanco los títulos no aplicables. Los WPS y PQR, son firmados por el representante autorizado del Fabricante o Contratista. Para detalles en el WPS, se puede utilizar un bosquejo o una referencia para el detalle de junta precalificada. (E.g.B-U4a).

C2. Precalificado

El WPS, pueden ser precalificado en conformidad con todas las estipulaciones de la Sección 3, en cuyo caso se requiere sólo una página del documento, formulario C-1.

C3. Formulario de ejemplo

Se han incluido para propósitos informativos, ejemplos de WPS y PQR completados han sido incluidos para propósitos de información. Los nombres son ficticios y la información de los ensayos no forma parte de ningún ensayo real así como tampoco deberá ser utilizada. El comité confía en que estos ejemplos ayudarán a los usuarios del código, producir documentación aceptable.

C4. Calificado mediante ensayo

El WPS puede ser calificado por ensayo en conformidad a las estipulaciones de la Sección 4. En este caso, se requiere un PQR adicional a WPS. Para el PQR, planilla C-1 (frente) se puede utilizar de nuevo con un apropiado cambio de encabezado. Así también, se puede utilizar la plantilla C-1 (reverso) para el registro de los resultados de ensayo y el certificado. Para el WPS, estipule los rangos calificados permitidos por ensayos o estipule las tolerancias adecuadas en las variables esenciales (e.g. 250 amps \pm 10%). Para el PQR, los detalles reales de la junta y los valores de las variables esenciales utilizadas en ensayos deberán ser registrados. Una copia del reporte del ensayo de la Acería para el material probado, se deberá anexar; también se puede agregar como información de refuerzo los Reportes de Datos de Ensayos de Laboratorio.

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO CALIFICADO POR PRUEBA
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía Lenco
 Proceso(s) de Soldadura Saw
 Número(s) de PQR de Apoyo Precalificado

Número de Identificación W2081
 Revisión 2 Fecha 1-3-89 Por R, García
 Autorizado por P Ruíz Fecha 2-3-89
 Tipo - Manual Semi-Automático
 Máquina ☒ Automática ☐

DISEÑO DE UNIÓN USADO

Tipo:
 Simple ☒ Doble Soldadura ☐
 Backing: Si ☐ No ☒
 Material de Backing: ASTM A 36
 Abertura de la Raíz 5/8" Dimensión de Cara de la Raíz
 Angulo de Ranura: 20° Radio (J-U)
 Torchado: Si ☐ NO ☒ Método

POSICIÓN

Posición de Ranura 1 G Filete
 Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de Transferencia GMAW
 Corte circuito
 Globular Rociado
 Corr. AC ☐ DCEP ☒ DCEN ☐ Pulsada ☐
 Electrodo de Tungsteno (GTAW)

METALES BASE

Especificación de Materiales ASTM A 36
 Tipo o Grado
 Grosor: Ranura 1" Filete
 Diámetro (Tubería)

Tamaño
 Tipo

METALES DE APORTE

Especificación AWS A5.17
 Clasificación AWS EM12K

TÉCNICA

Nervadura ó Cordon tipo tejido
 Pasada Múltiple ó Pasada única (por lado)
 Número de Electrodo 1
 Espacio entre electrodos Longitudinal
 Lateral
 Ángulo
 Tubo de Contacto para distancia 1- 1/4"
 Martillado
 Limpieza entre pasadas

PROTECCION

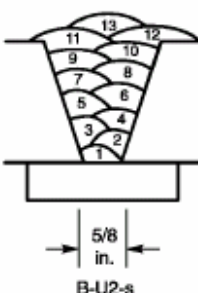
Fundente 860 Gas
 Composición
 Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo
F7A2-EM12K Tamaño del colector de gas

TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA

Temperatura
 Tiempo

Temp. Pre calentamiento, Min. 150°F
 Temp. entre pasadas, Min. 150°F Max 350°F

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre Voltaje		
1-n	SAW	EM12K	5/32"	DC+	45 ipm 550 Amps ±10%	28 V ±7%	16 ipm ±15%
							

Planilla C-1

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO CALIFICADO POR PRUEBA
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía RED Inc.
 Proceso(s) de Soldadura FCAW
 Número(s) de PQR de Apoyo PRECALIFICADO

DISEÑO DE UNIÓN USADO

Tipo: A TOPE

Simple ☒ Doble Soldadura ☐

Backing: Si ☐ No ☐

Material de Backing: ASTM A131A

Abertura de la Raíz 1/4" Dimensión de Cara de la Raíz

Angulo de Ranura: 52-1/2° Radio (J-U)

Torchado: Si ☐ NO ☒ Método

METALES BASE

Especificación de Materiales ASTM A 131

Tipo o Grado A

Grosor: Ranura 1" Filete

Diámetro (Tubería)

METALES DE APORTE

Especificación AWS A5.20

Clasificación AWS E71T-1

PROTECCION

Fundente Gas CO₂

Composición 100% CO₂

Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo 45CFH

Tamaño del colector de gas N° 4

Temp. Pre calentamiento, Min. 75°

Temp. entre pasadas, Min. 75° Max. 350°F

Número de Identificación PQR 231

Revisión 1 Fecha 12-1-87 Por M. Cid

Autorizado por J. Soto Fecha 18-1-88

Tipo – Manual ☐ Semi-Automático ☒

Máquina ☐ Automática ☐

POSICIÓN

Posición de Ranura O.H. Filete

Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de Transferencia GMAW

Corte circuito ☐

Globular ☒ Rociado ☐

Corr. AC ☐ DCEP ☒ DCEN ☐ Pulsada ☐

Electrodo de Tungsteno (GTAW)

Tamaño

Tipo

TÉCNICA

Nervadura ó Cordón tipo tejido NERVADURA

Pasada Múltiple ó Pasada única (por lado) PASADAS

Número de Electrodo 1

Espacio entre electrodos Longitudinal

Lateral

Ángulo

Tubo de Contacto para distancia 3/4 1"

Martillado

Limpieza entre pasadas ESCORIA REMOVIDA

TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA

Temperatura

Tiempo

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre			
1	FCAW	E71T-1	.045"	DC+	180	26	8	
2-8	"	"	"	"	200	27	10	
9-11	"	"	"	"	200	27	11	
12-15	"	"	"	"	200	27	9	
16	"	"	"	"	200	27	11	

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) SI ☐
PRECALIFICADO CALIFICADO POR PRUEBA
O REGISTRO DE CALIFICACION DE PROCEDIMIENTOS (PQR) SI ☐

Nombre de la Compañía RED Inc.
 Proceso(s) de Soldadura FCAW
 Número(s) de PQR de Apoyo PQR 231

Número de Identificación PQR 231
 Revisión 1 Fecha 12-1-87 Por M. Cid
 Autorizado por J. Soto Fecha 18-1-88
 Tipo – Manual ☐ Semi-Automático ☒
 Máquina ☐ Automática ☐

DISEÑO DE UNIÓN USADO

Tipo: A TOPE
 Simple ☒ Doble Soldadura ☐
 Backing: Si ☐ No ☐
 Material de Backing: ASTM A131A
 Abertura de la Raíz 1/4 " Dimensión de Cara de la Raíz
 Angulo de Ranura: 52-1/2" Radio (J-U)
 Torchado: Si ☐ NO ☒ Método

POSICIÓN

Posición de Ranura O.H. Filete
 Progreso Vertical Arriba ☐ Abajo ☐

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Modo de Transferencia GMAW
Corte circuito ☐
Globular ☒ Rociado ☐
 Corr. AC ☐ DCEP ☒ DCEN ☐ Pulsada ☐

METALES BASE

Especificación de Materiales ASTM A 131
 Tipo o Grado A
 Grosor: Ranura 1" Filete
 Diámetro (Tubería)

Electrodo de Tungsteno (GTAW)

Tamaño
 Tipo

METALES DE APORTE

Especificación AWS A5.20
 Clasificación AWS E71T-1

TÉCNICA

Nervadura ó Cordon tipo tejido NERVADURA
 Pasada Múltiple ó Pasada única (por lado) PASADAS
 Número de Electrodo 1
 Espacio entre electrodos Longitudinal
 Lateral
 Ángulo

PROTECCION

Fundente Gas CO₂
 Composición 100% CO₂
 Fundente Electrodo (Clase) Ritmo de Flujo 45-55CFH
 Tamaño del colector de gas Nº4

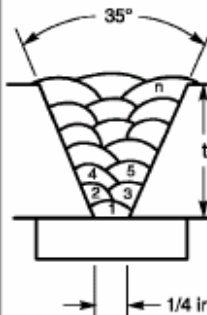
Tubo de Contacto para distancia 1/2- 1"
 Martillado
 Limpieza entre pasadas ESCORIA REMOVIDA

Temp. Pre calentamiento, Min. 60°
 Temp. entre pasadas, Min. 60° Max 350°F

TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA

Temperatura
 Tiempo

Procedimiento de Soldadura

Paso ó Capa(s) de Soldadura	Proceso	Materiales de Aporte		Corriente		Voltaje	Velocidad de Avance	Detalles de Uniones
		Clase	Diámetro	Tipo y Polaridad	Amp. Ó Vel. De Ali. del alambre			
Todas	FCAW	E71T-1	.045"	DC+	180-220A	25-26V	8-12 ipm	

Registro de calificación del procedimiento #

resultados de la prueba

PRUEBA DE TENSION

Muestra No.	Ancho	Espesor	Área	Carga última de tensión lb	Tensión última de la unidad, psi	Carácter de la falla y localización

PRUEBA DE DOBLADO GUIADA

Espécimen No.	Tipo de doblado	Resultado	Comentarios

INSPECCIÓN VISUAL

Apariencia	_____	Examen Radiográfico - Ultrasónico
Socavamiento	_____	Informe RT (radiográfica) _____ Resultado _____
Porosidad de la tubería	_____	Informe UT (ultrasónica) _____ Resultado _____
Convexidad	_____	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLDADURA DE FILETE
Fecha de la Prueba	_____	Tamaño mínimo de pasada múltiple Máx de pasada única
Presenciado por	_____	Macrografía Macrografía
		1. _____ 3. _____ 1. _____ 3. _____
		2. _____ 2. _____

Otras Pruebas	Prueba de tensión de todo el metal de soldadura
	Carga límite de rotura, psi _____
	Punto límite de fluencia, psi _____
	Elongación en 2 pulgadas, % _____
	Prueba de laboratorio no. _____

Nombre del Soldador _____	Reloj no. _____	Sello no. _____
---------------------------	-----------------	-----------------

Pruebas efectuadas por _____	Número de prueba _____
	Por _____

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro está correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M, (___año___) Código de Soldadura Estructural Acero.

Firma _____
(Fabricante ó Contratista)

Por _____
Título _____
Fecha _____

Planilla C-1 (Reverso)

Registro de calificación del procedimiento #

resultados de la prueba

PRUEBA DE TENSION

Muestra No.	Ancho	Espesor	Área	Carga última de tensión lb	Tensión última de la unidad, psi	Carácter de la falla y localización
						Dúctil
						Dúctil

PRUEBA DE DOBLADO GUIADA

Espécimen No.	Tipo de doblado	Resultado	Comentarios
	De lado	Pasó	
	De lado	Pasó	Pequeño (<1/16") abertura aceptable
	De lado	Pasó	
	De lado	Pasó	

INSPECCIÓN VISUAL

Apariencia	<u>ACEPTABLE</u>	Examen Radiográfico - Ultrasónico
Socavamiento	<u>ACEPTABLE</u>	Informe RT (radiográfica) <u>D231</u> Resultado <u>APROBADO</u>
Porosidad de la tubería	<u>NINGUNA</u>	Informe UT (ultrasónica) Resultado
Convexidad	<u>NINGUNA</u>	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLDADURA DE FILETE
Fecha de la Prueba	<u>12-3-2002</u>	Tamaño mínimo de pasada múltiple Máx de pasada única
Presenciado por	<u>J. CID</u>	Macrografía Macrografía
		1. _____ 3. _____ 1. _____ 3. _____
		2. _____ 2. _____

Otras Pruebas

Prueba de tensión de todo el metal de soldadura

Carga límite de rotura, psi	<u>83,100</u>
Punto límite de fluencia, psi	<u>72,100</u>
Elongación en 2 pulgadas, %	<u>28</u>
Prueba de laboratorio no.	<u>PW 231</u>

Nombre del Soldador JUAN SOTO Reloj no. 261 Sello no. _____

Pruebas efectuadas por Examen Radiográfico - Ultrasónico

Número de prueba PQR 231

Por PEDRO BELLO

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro está correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M, (____2002____) Código de Soldadura Estructural Acero.

Firma	<u>RED INC.</u>
	(Fabricante ó Contratista)
Por	<u>R.M.</u>
Título	<u>Q.C. Mgr</u>
Fecha	<u>15-12-2002</u>

REGISTRO DE LA PRUEBA DE CALIFICACIÓN DEL WPS PARA SOLDADURAS (ELECTROCSLAG) Y ELECTROGAS

ESPECIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO

Especificación del material _____
 Proceso de soldadura _____
 Posición de la soldadura _____
 Especificación del metal de aporte _____
 Clasificación del metal de aporte _____
 Metal de aporte _____
 Fundente _____
 Gas de protección _____ Velocidad flujo _____
 Punto de rocío del gas _____
 El rango del espesor que esta prueba califica _____
 Pasada múltiple o única _____
 Arco múltiple o único _____
 Corriente de Soldadura _____
 Temperatura de precalentamiento _____
 Temperatura de postcalentamiento _____
 Nombre del soldador _____

RESULTADOS DE LA PRUEBA

Prueba del tensor de sección - reducida

Carga límite de rotura, psi _____

1. _____
 2. _____

Prueba de tensión de todo el metal de soldadura

Fuerza del tensor, psi _____

Punto límite de fluencia, psi _____

Elongación en 2 pulgadas, % _____

Pruebas de doblado de lado

1. _____ 3. _____
 2. _____ 4. _____

Informe RT (radiográfica) N° _____

Informe UT (ultrasonica) N° _____

INSPECCIÓN VISUAL (Tabla 6.1, limitaciones cargadas cíclicamente)

Apariencia _____
 Socavamiento _____
 Porosidad de la tubería _____
 Fecha de la prueba _____
 Presenciada por _____

Pruebas de impacto

Tamaño del espécimen _____ ° de la prueba _____

1. _____ 2. _____ 3. _____ 4. _____
 5. _____ 6. _____ Promedio _____

Alta _____ Baja _____

Prueba de laboratorio no. _____

PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA

Número de pasada	Tamaño del electrodo	Corriente de Soldadura		Detalle de la Unión
		Amperes	Volts	
Fundente del tubo – guía				
Composición del tubo – guía				
Diámetro del tubo - guía				
Velocidad de incremento vertical				
Longitud transversal				
Velocidad transversal				
Breve parada de movimiento				
Tipo de zapata de patrón				

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro está correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas, soldadas y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 4 del AWS D1.1/D1.1M, (___año___) Código de Soldadura Estructural Acero.

N° Procedimiento _____

Fabricante o Contratista _____

N° de la Revisión _____

Autorizado por _____

Fecha _____

REGISTRO DE PRUEBA DE CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR, DEL OPERADOR DE LA SOLDADURA, O DEL PINCHADOR.

Tipo de Soldador		No. Identificación	
Nombre	Revisión	Fecha	
Nº Especificación del procedimiento de Soldadura	Registrar Valores Actuales	Rango de Calificación	
Variables	Usados en la Calificación		
Proceso/Tipo [Tabla 4.11, Ítem (1)]			
Electrodo (simple o múltiple) [Tabla 4.11 Ítem (8)]	para		
Corriente / Polaridad			
Posición [Tabla 4.11, Ítem (4)]			
Progreso de la soldadura [Tabla 4.11 Ítem (6)]			
Backing (SI o NO) [Tabla 4.11, Ítem (7)]			
Especificaciones / Material			
Metal Base			
Espesor: (Plancha)			
Ranura			
Filete			
Espesor: (Cañería/Tubería)			
Ranura			
Filete			
Diámetro: (Tubería)			
Ranura			
Filete			
Metal de Aporte [Tabla 4.11, Ítem (3)]			
Número de Especificación			
Clase			
F- No. [Tabla 4.11, Ítem (2)]			
Tipo Gas/Fundente [Tabla 4.11, Ítem (3)]			
Otro			

INSPECCIÓN VISUAL(4.8.1)			
Aceptable SI o NO			
Resultados de la prueba de Doblado Guiada (4.8.1)			
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
Resultados Prueba de Filete (4.30.2.3 y 4.30.4.1)			
Apariencia	Tamaño del Filete		
Fractura en prueba de penetración de raíz	Macrografía		
(Describir la Ubicación, naturaleza, y tamaño de cualquier grieta o desgarro del espécimen)			

Inspeccionado por _____ Número de la Prueba _____
 Organización _____ Fecha _____

RESULTADOS DE LA PRUEBA RADIOGRÁFICA (4.30.3.1)					
Número de Identificación de la película	Resultados	Comentarios	Número de Identificación de la película	Resultados	Comentarios

Interpretado por _____ Número de la Prueba _____
 Organización _____ Fecha _____

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que se establece en este registro es correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas, soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 4 de AWS D1.1/D1.1M, (___año___) Código de Soldadura Estructural Acero.

Fabricante o Contratista _____ Autorizado por _____

Planilla C-4 _____ Fecha _____

INFORME DE EXAMEN RADIOGRAFICO DE SOLDADURAS

Proyecto _____
Requerimientos de calidad - Sección No. _____
Informado para _____

LOCALIZACIÓN DE LA SOLDADURA Y BOSQUEJO DE IDENTIFICACIÓN

Técnica

Fuente _____
Película a la fuente _____
Tiempo de exposición _____
Pantallas _____
Tipo de película _____

(Descripción de longitud, ancho y espesor de todas las uniones radiografiadas)

Fecha	Identificación de la Soldadura	Área	Interpretación		Reparaciones		Comentarios
			Aceptado	Rechazado	Aceptado	Rechazado	

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro es correcto y que las soldaduras de prueba fueron preparadas, soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de AWS D1.1/D1.1M, (___año___)
Código de Soldadura Estructural Acero.

Radiografía(s) _____

Fabricante o Contratista _____

Interprete _____

Autorizado por _____

Fecha de la prueba _____

Fecha _____

Planilla C-7

INFORME DE EXAMEN DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS DE SOLDADURAS

Proyecto _____

Requerimientos de calidad - Sección No. _____

Informado para _____

LOCALIZACIÓN DE LA SOLDADURA Y BOSQUEJO DE IDENTIFICACIÓN

Cantidad: _____ Total Aceptado: _____ Total Rechazado: _____

Fecha	Identificación de la Soldadura	Área examinada		Interpretación		Reparaciones		Comentarios
		Completa	Específica	Aceptado	Rechazado	Aceptado	Rechazado	

PRE - EXAMINACIÓN

Preparación de la Superficie: _____

EQUIPO

Marca del Instrumento: _____ Modelo: _____ S. No.: _____

METODO DE INSPECCION

☐ Seco ☐ Húmedo ☐ Visible ☐ Fluorescente

Como se aplicaron los medios: _____

☐ Residual ☐ Continuo ☐ Línea recta - Continua

☐ AC ☐ DC ☐ Media Ondulación

☐ Prod ☐ Par ☐ Env. de Cable ☐ Otro _____

☐ Circular ☐ Longitudinal

Dirección para Campo: _____

Fuerza de Campo: _____

(Contra – amperios - vueltas, densidad del campo, fuerza magnetizadora, número y duración de la aplicación de fuerza.)

POST EXAMINACIÓN

Técnica Desmagnetizadora (Si es que se requiere): _____

Limpieza (Si es que se requiere): _____ Método de Marcado: _____

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que los planteamientos en este registro son correctos y que las soldaduras de prueba fueron preparadas, soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de AWS D1.1/D1.1M, (__año__) Código de Soldadura Estructural Acero.

Inspector _____ Nivel __ Fecha de la prueba ____ Planilla C-8

Fabricante o Contratista _____ Autorizado por ____ Fecha ____

ESPECIFICACION DEL PROCEDIMIENTO (WPS) DE LA SOLDADURA STUD

O REGISTRO DE CALIFICACIÓN DEL PROCEDIMIENTO (PQR)

O REGISTRO DE LA CALIFICACIÓN DEL SOLDADOR (WQR)

SI ☐

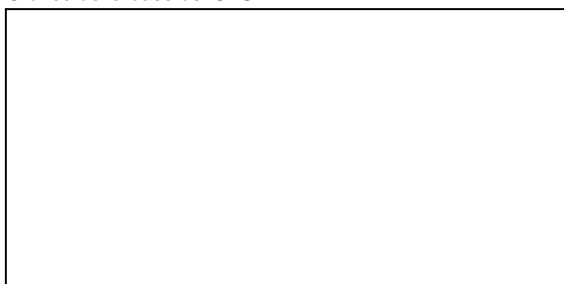
SI ☐

SI ☐

Nombre de la Compañía _____
Número(s) de apoyo del PQR _____
Nombre del Operador _____
Material STUD _____
Especificaciones del material _____
Diámetro de la base de la soldadura _____

Bosquejo del Perno Base/Detalle de la Aplicación

Gráfico de la base del STUD



Número de la Prueba _____
Número de revisión _____ Fecha _____
Por _____
Autorizado por _____ Fecha _____

Material base

Especificación _____
Aleación y temple _____
No. del grupo ____ Condición de la Superficie HR CR
Revestimiento _____
Método de Limpieza _____
Calibración de la plataforma _____

Forma

Plana ☐ Redonda ☐ Tubo ☐ Angular ☐

Espesor _____

Casquillo

Número de la parte _____
Descripción del casquillo _____
Posición
(Overhead)) ____ (Downhand) ____ (Sidehand) ____
Angular ____ grados de lo normal ____
Angulo del hierro __ Radio interior __ Talón del ángulo __

Gas de protección

Gas(es) de protección _____
Composición _____
Proporción de flujo _____

Datos de la Maquina

Fuente de poder
Marca _____ Modelo _____
Modelo de la maquina de taponear STUDS _____
Tiempo de soldadura Seg. ____ Ciclos _____
Corriente _____ $\pm 5\%$ OCV _____
Polaridad _____ Elevación _____
Tomo elevador _____
Tamaño del alambre de la soldadura ____ Largo ____
Nº de puestos a tierra (conductores de la pieza de trabajo) ____

RESULTADOS DE LA PRUEBA DE SOLDADURA

STUD No.	Aceptación Visual	Prueba de doblado Opción # 1	Prueba de Tensión Opción # 2	Prueba de Torque Opción # 3

*Nota: La prueba de torque es opcional solo para abrazaderas hiladas.

Pruebas mecánicas efectuadas por _____ (Compañía) _____

Fecha

Nosotros, los que aquí firmamos, certificamos que lo establecido en este registro es correcto, y que las soldaduras de prueba fueron preparadas soldadas, y examinadas en conformidad con los requerimientos de la Sección 7 de AWS D1.1/D1.1M, (____año____) Código de Soldadura Estructural de Acero.

ANEXO D

Criterios de aceptación de la inspección visual.

GRADO DE DISCONTINUIDAD Y CRITERIOS DE INSPECCIÓN	Conexiones No tubulares Estáticamente Cargadas	Conexiones No tubulares cíclicamente cargadas	Conexiones Tubulares (todas las cargas)
(1) Prohibición de Grietas. Cualquier grieta será inaceptable; sin considerar el tamaño o localización.	X	X	X
(2) Fusión del Metal Base/Soldadura. Deberá existir una fusión completa entre las capas adyacentes del metal base y entre el metal de soldadura y el metal base.	X	X	X
(3) Sección Transversal del Cráter. Todos los cráteres deberán rellenarse para proporcionar el tamaño de la soldadura especificada, excepto los extremos de las soldaduras de filete intermitente fuera de su longitud efectiva.	X	X	X
(4) Perfiles de soldadura. Los perfiles soldados deberán estar en conformidad con 5.24.	X	X	X
(5) Tiempo de Inspección. La inspección visual de las soldaduras en todos los aceros pueden comenzar inmediatamente después de que las soldaduras completadas se hayan enfriado a temperatura ambiente. Los criterios de aceptación para ASTM A 514, A 517, y A 709 de aceros grados 100 y 100W deberán basarse en la inspección visual efectuada en no menos de 48 horas después de haber completado la soldadura.	X	X	X
(6) Soldadura Sub – Dimensionada. El tamaño de una soldadura de filete en cualquier soldadura continua puede ser inferior que el tamaño nominal especificado (L) sin corrección por las siguientes cantidades (U): $\frac{U}{L} \leq \frac{1}{16}$ Tamaño de la soldadura Disminución aceptable Nominal especificada, pulg. [mm] de L, pulgada [mm] $\frac{U}{L} \leq \frac{1}{16} \quad [5] \quad \frac{U}{L} \leq \frac{1}{16} \quad [2]$ $\frac{1}{4} \quad [6] \quad \frac{U}{L} \leq \frac{3}{32} \quad [2.5]$ $\frac{U}{L} \geq \frac{5}{16} \quad [8] \quad \frac{U}{L} \leq \frac{1}{8} \quad [3]$ En todos los casos, la porción sub-dimensionada no deberá exceder el 10% de la longitud de ella. En la soldadura del alma al flange en las vigas maestras deberá prohibirse una cantidad menor en los extremos en una longitud igual a dos veces el ancho del flange.	X	X	X

(7)Socavamiento (A) Para materiales menores que 1 pulgada [25 mm] de espesor, el socavamiento no deberán exceder 1/32 pulgadas [1 mm], con la siguiente excepción: el socavamiento no deberá exceder 1/16 pulgadas [2 mm] para cualquier longitud acumulada hasta 2 pulgadas [50 mm] en cualquier o en todas 12 pulgadas [300 mm]. Para el material igual a ó mayor que 1 pulgada de espesor, el socavamiento no deberá exceder 1/16 pulgadas [2 mm] para cualquier longitud de soldadura	X		
(B) En los componentes primarios el socavamiento no deberá ser mayor que 0.01 pulg. De profundidad [0.25 mm], cuando la soldadura sea ó esté transversal al esfuerzo de tensión bajo cualquier condición de carga de diseño. El socavamiento no deberá ser mayor que 1/32 pulgadas de profundidad [1 mm] para todos los otros casos		X	X
(8) Porosidad (A) Las soldaduras de ranura de penetración completa en uniones a tope transversales a la dirección de la tensión de carga computarizada, no deberá tener porosidad visible en tubería. Para todas las demás soldaduras de ranura y para soldaduras de filete, la suma de la porosidad visible de la tubería de 1/32 pulgadas [1 mm] o mayor en el diámetro, no deberá exceder 3/8 pulgadas [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberá exceder ¾ pulgadas [20 mm] en cualquiera de 12 pulgadas[300 mm] de longitud de soldadura.	X		
(B) La frecuencia de la porosidad la de tubería en la soldadura de filete no deberá exceder a una en cada 4 pulgadas [100 mm] de longitud de soldadura y el diámetro máximo no deberá exceder 3/32 pulgadas [2.5 mm]. Excepción: Para las soldaduras de filete que conectan los refuerzos a la viga maestra, la suma del diámetro de la porosidad de la tubería no deberá exceder 3/8 de pulgadas [10 mm] en cualquier pulgada lineal de soldadura y no deberán exceder ¾ pulgada [20 mm] en cualquier longitud de soldadura de 12 pulgadas[300 mm].		X	X
(C) Las soldaduras de ranura de penetración completa en uniones a tope transversales. A la dirección del esfuerzo de tensión computarizado no deberán tener porosidad en la tubería. Para todas las demás soldaduras de ranura, la frecuencia de la porosidad de la tubería no deberá exceder de una en 4 pulgadas [100 mm] de longitud y el diámetro máximo no deberá exceder 3/32 pulgadas [2.5 mm].		X	X

Nota: Una "X" indica la aplicación para el tipo de conexión; el área sombreada indica la no-aplicabilidad.

ANEXO E

Calificación y calibración de unidades UT con otros bloques de referencia aprobados

E1 Modo longitudinal

E1.1 *Calibración de distancia.*

E1.1.1 El transductor deberá ser ajustado en posición H en el bloque DC, o posición M en el bloque DSC.

E1.1.2 El instrumento se deberá ajustar para producir indicaciones de 1 pulg. [25 mm], 2 pulg. [50 mm], 3 pulg. [75 mm], 4 pulg. [100 mm], etc., en la pantalla.

NOTA: Este procedimiento establece una calibración de pantalla de 10 pulg. [250 mm] y puede ser modificado para establecer otras distancias según se permita por el 4.3.6.4 (Barrido).

E1.2 *Amplitud.* Con el transductor en la posición descrita en el E1.1, la ganancia se deberá ajustar hasta que la indicación maximizada de la primera reflexión posterior alcance el 50% al 75% de altura de la pantalla.

E2 Modo de onda de corte (transversal).

E2.1 *Verificación del punto de entrada del sonido (punto índice).*

E2.1.1 La unidad de búsqueda se deberá poner en position J o L en el bloque DSC; o posición I en el bloque DC.

E2.1.2 La unidad de búsqueda se deberá mover hasta que la señal del radio se maximice.

E2.1.3 El punto de la unidad de búsqueda que está en línea con la línea del bloque de calibración, indica el punto de entrada de sonido.

NOTA: Este punto de entrada de sonido se deberá utilizar para todas las demás verificaciones de ángulo y distancia.

E2.2 *Verificación del ángulo de trayectoria del sonido.*

E2.2.1 El transductor se deberá ajustar en posición:

- K en el bloque DSC para 45° hasta 70°
- N en el bloque SC para 70°
- O en el bloque SC para 45°

- P en el bloque SC para 60°

E2.2.2 El transductor se deberá mover de atrás hacia adelante sobre la línea que indica el ángulo del transductor hasta que la señal del radio se maximice.

E2.2.3 El punto de entrada se deberá comparar con la marca del ángulo en el bloque de calibración (2° de tolerancia).

E2.3 *Calibración de distancia.*

E2.3.1 El transductor deberá estar en posición (figura E.1) L en el bloque DSC. El instrumento se deberá ajustar para alcanzar las indicaciones de 3 pulg. [75 mm] y 7 pulg. [180 mm] en la pantalla.

E2.3.2 El transductor deberá estar en posición J en el bloque DSC (cualquier ángulo); se deberá ajustar el instrumento para alcanzar las indicaciones de 1 pulg. [25 mm], 5 pulg. [125 mm], 9 pulg. [230 mm] en la pantalla.

E2.3.3 El transductor deberá estar en posición I en el bloque DC (cualquier ángulo); se deberá ajustar el instrumento para alcanzar las indicaciones de 1 pulg. [25 mm], 2 pulg. [50 mm], 3 pulg. [75 mm], 4 pulg. [100 mm], etc., en la pantalla.

NOTA: Este procedimiento establece una calibración de pantalla de 10 pulg. [250 mm] y puede ser modificado para establecer otras distancias según se permita por el 4.3.6.5 (Barrido horizontal).

E2.4 *Calibración de amplitud o sensibilidad.*

E2.4.1 El transductor deberá estar en posición L en el bloque DSC (cualquier ángulo); se deberá ajustar la señal maximizada de la ranura de 1/32 pulg. [0.8 mm] para alcanzar una línea de referencia horizontal para indicación de altura.

E2.4.2 El transductor deberá estar en el bloque SC en la posición:

- N para ángulo de 70°
- O para ángulo de 45°
- P para ángulo de 60°

La señal maximizada del agujero de 1/16 pulg. [1.6 mm] se deberá ajustar para alcanzar una línea de referencia horizontal de indicación de altura.

E2.4.3 La lectura de decibeles obtenida en el E2.4.1 o E2.4.2, se deberá utilizar como “nivel de referencia” “b” en la hoja del reporte de ensayo (anexo F, plantilla F-11) en conformidad con el 4.3.4.1.

E3 Procedimiento de linealidad horizontal.

NOTA: Ya que este procedimiento de calificación se realiza con una unidad de búsqueda de haz recto que produce ondas longitudinales con una velocidad de sonido de casi el doble de las ondas transversales, es necesario doblar los rangos de distancia de las ondas transversales que se utilizaran al aplicar este procedimiento.

E3.1 Una unidad de búsqueda de haz recto, que cumpla con los requerimientos del 4.3.3.6, deberá ser acoplada en la posición:

- G en el bloque IIW (figura 56)
- H en el bloque DC (figura E.1)
- M en el bloque DSC (figura E.1)
- T o U en el bloque DS (figura 56)

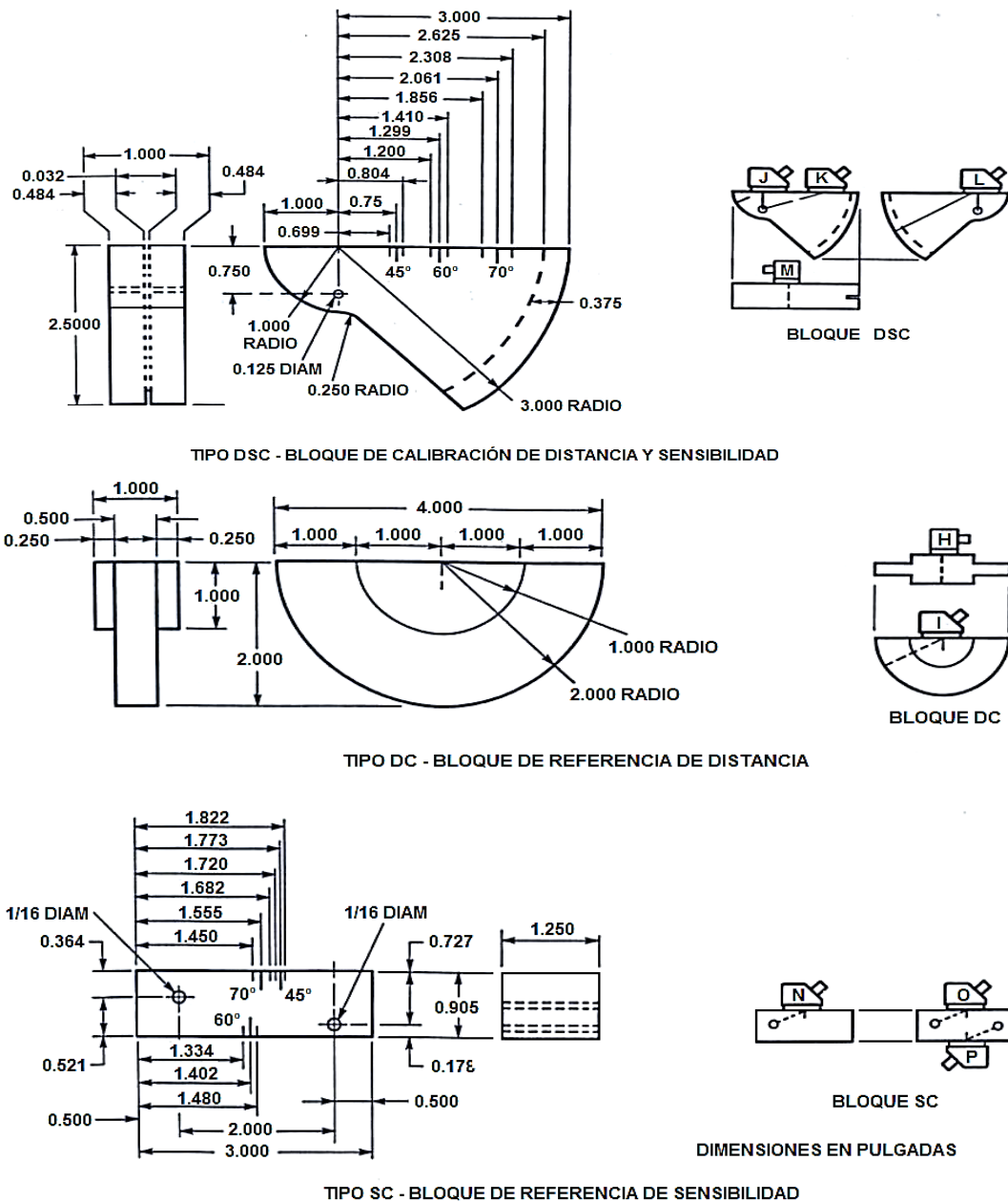
E3.2 Se deberán alcanzar un mínimo de cinco reflexiones posteriores en el rango de calificación a ser certificado.

E3.3 La primera y quinta reflexiones posteriores, se deberán ajustar a sus ubicaciones adecuadas con el uso de la calibración de distancia y ajustes de cero retrazo.

E3.4 Cada indicación se deberá ajustar al nivel de referencia con el control de ganancia o atenuación para la evaluación de ubicación horizontal.

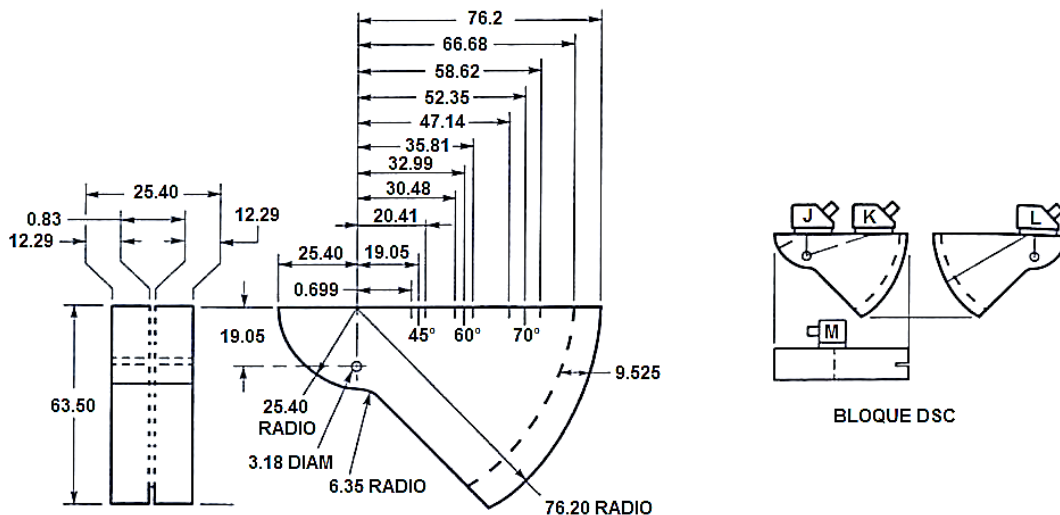
E3.5 Cada ubicación intermedia de indicio de reflexión deberá ser corregida dentro del $\pm 2\%$ del ancho de pantalla.

Figura E.1. Otros bloques aprobados y posiciones típicas de transductores.

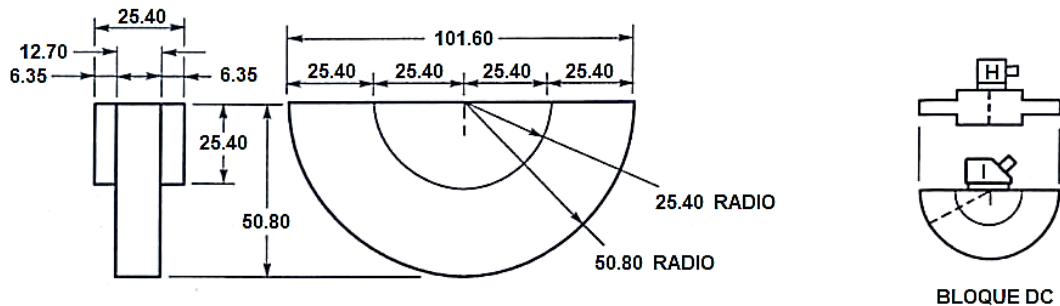


Notas:

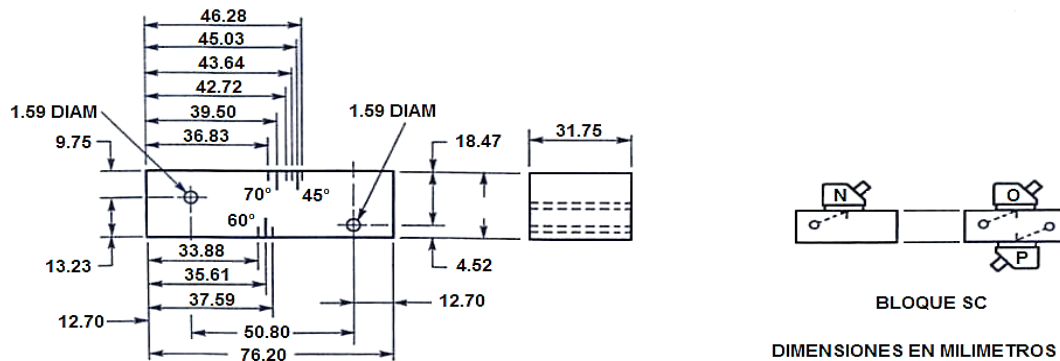
1. La tolerancia dimensional entre todas las superficies envueltas en referenciar o calibrar deben estar ± 0.005 pulg. de dimensión detallada.
2. El acabado de superficie de todas las superficies a donde se aplica o se refleja sonido debe tener un máximo de 125 μ pulg. r.m.s.
3. Todos los materiales deben ser ASTM A 36 o acústicamente equivalentes.
4. Todos los agujeros deben tener un acabado interno suave y deben ser taladrados en 90° con la superficie del material.
5. Líneas de grados e identificadores deben ser movidos a la superficie del material para que se mantenga la orientación permanente.



TIPO DSC - BLOQUE DE CALIBRACIÓN DE DISTANCIA Y SENSIBILIDAD



TIPO DC - BLOQUE DE REFERENCIA DE DISTANCIA



TIPO SC - BLOQUE DE REFERENCIA DE SENSIBILIDAD

DIMENSIONES EN MILIMETROS

Fuente: Código de Soldadura Estructural-Acero AWS D1.1/D1.1M:2010

Notas:

1. La tolerancia dimensional entre todas las superficies envueltas en referenciar o calibrar deben estar ± 0.13 mm de dimensión detallada.
2. El acabado de superficie de todas las superficies a donde se aplica o se refleja sonido debe tener un máximo de 125 μ m r.m.s.
3. Todos los materiales deben ser ASTM A 36 o acústicamente equivalentes.
4. Todos los agujeros deben tener un acabado interno suave y deben ser taladrados en 90° con la superficie del material.
5. Líneas de grados e identificadores deben ser movidos a la superficie del material para que se mantenga la orientación permanente.

ANEXO F

Reporte de calibración de unidad ultrasónica—AWS. (Planilla f-8)

Modelo de Unidad Ultrasónica _____ N° de Serial _____

Unidad de Búsqueda—Tamaño _____ Tipo _____ Frecuencia _____ MHz

Calibración—Fecha _____ Intervalo _____ Método _____

N° de Serial de Bloque _____ Data _____ Como se Encontró _____ Como se Ajustó _____

INSTRUCCIONES SUPLEMENTALES

- Comience con el nivel menor dB que pueda obtener con una indicación de altura de visualización del 40 por ciento sobre las dos secciones del bloque DS. Súmele 6dBs y tome nota de la lectura “a” y altura de visualización “b” como el comienzo de la tabla de tabulación.
- Después de registrar estos valores en las filas “a” y “b”, mueva el transductor para obtener una nueva altura de visualización del 40 por ciento. Sin mover el transductor, súmele 6dBs y registre la nueva lectura dB en la fila correspondiente. Repita esta paso todas las veces que sea permitido por la unidad.
- Calcule el porcentaje promedio de los valores de pantalla de la fila “b” sin tomar en cuenta los primeras 3 y las últimas 3 tabulaciones. Use este valor como %a para calcular la lectura correcta.
- La próxima ecuación es utilizada para calcular la fila “c”:

$$\%_1 \text{ Fila "b"}$$

$$\%_2 \text{ El promedio de la fila "b" sin tomar en cuenta}$$

$$\text{dB}_2 = 20 \times \log \left(\frac{\%_2}{\%_1} \right) + \text{dB}_1$$

Las primeras 3 y ultimas 3 tabulaciones.

$$\text{dB}_1 \text{ Fila "a"}$$

$$\text{dB}_2 \text{ Fila "c"}$$
- El error dB “d” es establecido restando la fila “c” de la fila “a”: (a - c = d).
- El error Colectivo dB “e” es establecido utilizando el valor Error dB “d” más cercano a 0.0, colectivamente sume los valores Error dB “d” horizontalmente, registrando los subtotales en la fila “e”.
- Moviéndose horizontalmente, de izquierda a derecha por medio de la Línea % promedio, encuentre el lapso donde los valores mayores y menores de Error Colectivo dB sean iguales o menores que 2dB. Cuente la cantidad de espacios horizontales de movimientos, réstele uno, y multiplique lo restante por seis. Este valor dB es el rango aceptable de la unidad.
- Para poder establecer el rango aceptable gráficamente, la planilla M-8 debe ser usada en conjunto con la planilla F-9:
 - 1) Aplique los valores verticales de Error Colectivo dB “e” en el desplazamiento vertical coincidiendo con los valores dB “a” registrados.
 - 2) Establezca la curva que pasa por los puntos de la serie.
 - 3) Aplique una ventana horizontal de 2dB de alto sobre la curva posicionada verticalmente para la que sección más larga este completamente contenida en entre un altura de 2 dB de Error.
 - 4) La medida de esta ventana representa el rango dB aceptable de la unidad.

Fila	Numero	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	Lectura dB													
B	Altura de Visualización													
C	Lectura Corregida													
D	Error dB													
E	Error Colectivo dB													

Precisión Requerida: El mínimo rango aceptable es _____. $\%_2(\text{Promedio})$ _____ %

Estado de Equipo: Aceptable para su Uso _____ No Aceptable _____ Fecha de Recalibración _____ Rango total cualificado _____ dB a = _____ dB Error Total _____ dB (de la previa tabla)

Rango total cualificado _____ dB a = _____ dB Error Total _____ dB (de la planilla M-9)

Calibrado por _____ Nivel _____ Ubicación _____

Reporte de calibración de unidad ultrasónica—AWS. (Planilla F-8)

Modelo de Unidad Ultrasónica USN-50 N° de Serial 47859-5014

Unidad de Búsqueda—Tamaño 1" REDONDO Tipo SAB Frecuencia 2.25 MHz

Calibración—Fecha junio 17, 1996 Intervalo 2 Meses Método AWS D1.1

N° de Serial de Bloque 1234-5678 Data XX Como se Encontró Como se Ajustó

INSTRUCCIONES SUPLEMENTALES

- Comience con el nivel menor dB que pueda obtener con una indicación de altura de visualización del 40 por ciento sobre las dos secciones del bloque DS. Súmele 6dBs y tome nota de la lectura "a" y altura de visualización "b" como el comienzo de la tabla de tabulación.
- Después de registrar estos valores en las filas "a" y "b", mueva el transductor para obtener una nueva altura de visualización del 40 por ciento. Sin mover el transductor, súmele 6dBs y registre la nueva lectura dB en la fila correspondiente. Repita esta paso todas las veces que sea permitido por la unidad.
- Calcule el porcentaje promedio de los valores de pantalla de la fila "b" sin tomar en cuenta los primeras 3 y las últimas 3 tabulaciones. Use este valor como %a para calcular la lectura correcta.
- La próxima ecuación es utilizada para calcular la fila "c":

$$dB_2 = 20 \times \log \left(\frac{\%_2}{\%_1} \right) + dB_1$$

%₁ Fila "b"

%₂ El promedio de la fila "b" sin tomar en cuenta

Las primeras 3 y ultimas 3 tabulaciones.

dB₁ Fila "a"

dB₂ Fila "c"
- El error dB "d" es establecido restando la fila "c" de la fila "a": (a - c = d).
- El error Colectivo dB "e" es establecido utilizando el valor Error dB "d" más cercano a 0.0, colectivamente sume los valores Error dB "d" horizontalmente, registrando los subtotales en la fila "e".
- Moviéndose horizontalmente, de izquierda a derecha por medio de la línea % promedio, encuentre el lapso donde los valores mayores y menores de Error Colectivo dB sean iguales o menores que 2dB. Cuente la cantidad de espacios horizontales de movimientos, réstele uno, y multiplique lo restante por seis. Este valor dB es el rango aceptable de la unidad.
- Para poder establecer el rango aceptable gráficamente, la planilla M-8 debe ser usada en conjunto con la planilla F-9:
 - 1) Aplique los valores verticales de Error Colectivo dB "e" en el desplazamiento vertical coincidiendo con los valores dB "a" registrados.
 - 2) Establezca la curva que pasa por los puntos de la serie.
 - 3) Aplique una ventana horizontal de 2dB de alto sobre la curva posicionada verticalmente para la que sección más larga este completamente contenida en entre un altura de 2 dB de Error.
 - 4) La medida de esta ventana representa el rango dB aceptable de la unidad.

Fila	Número	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
A	Lectura dB	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	72	78
B	Altura de Visualización	69	75	75	77	77	77	77	78	77	78	79	80	81
C	Lectura Corregida	7.1	12.3	18.3	24.1	30.1	36.1	42.1	48.0	54.1	60.0	65.9	71.8	77.7
D	Error dB	-1.1	-0.3	-0.3	-0.1	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	0.0	+0.1	+0.2	+0.3
E	Error Colectivo dB	-2.2	-1.1	-0.8	-0.5	-0.4	-0.3	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	+0.1	+0.3	+0.6

Precisión Requerida: El mínimo rango aceptable es 60dB. %₂(Promedio) _____%

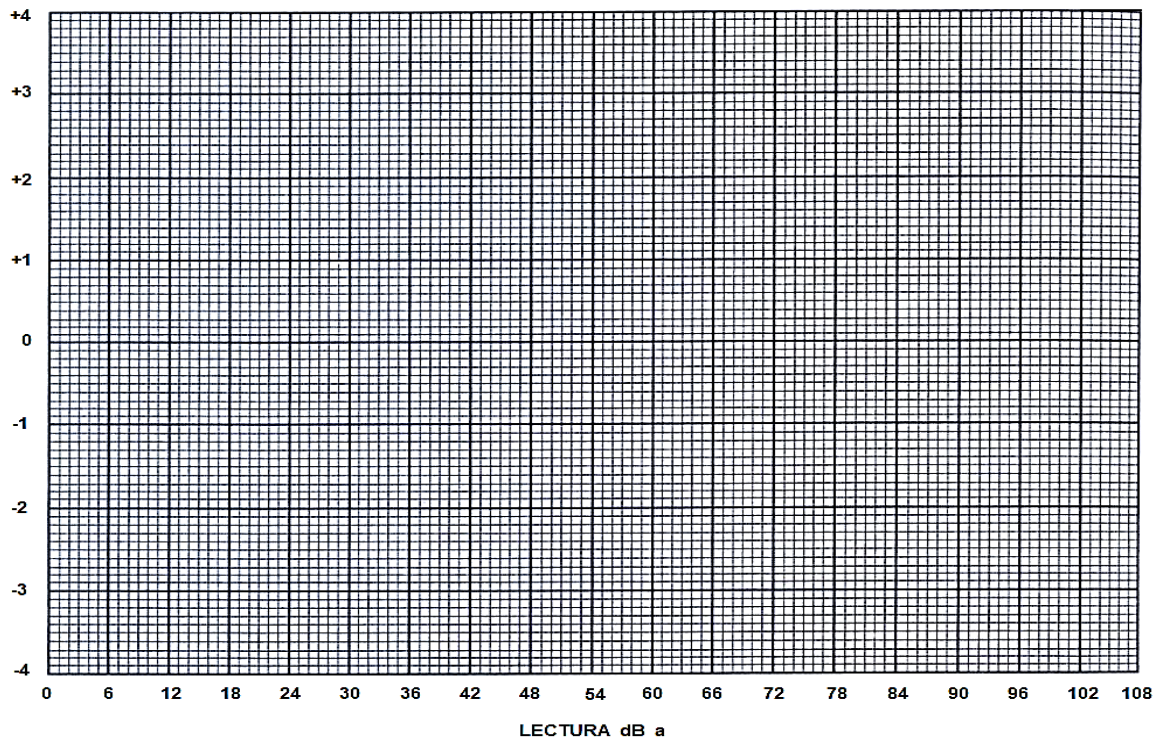
Estado de Equipo: Aceptable para su Uso _____ No Aceptable _____ Fecha de Recalibración _____ Rango total cualificado _____ dB a = _____ dB Error Total _____ dB (de la previa tabla)

Rango total cualificado _____ dB a = _____ dB Error Total _____ dB (de la planilla M-9)

Calibrado por _____ Nivel _____ Ubicación _____

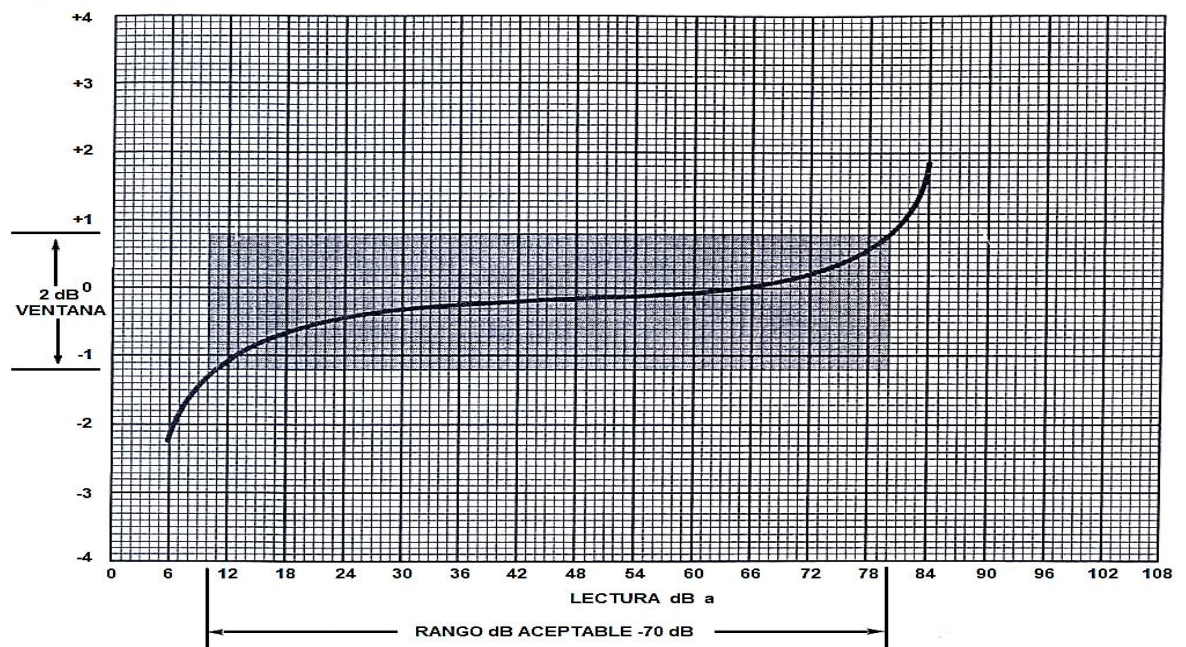
Evaluación de Exactitud dB. (Panilla F-9)

ERROR e COLECTIVO dB



Evaluación de exactitud dB—AWS. (Panilla F-9)

ERROR e COLECTIVO dB

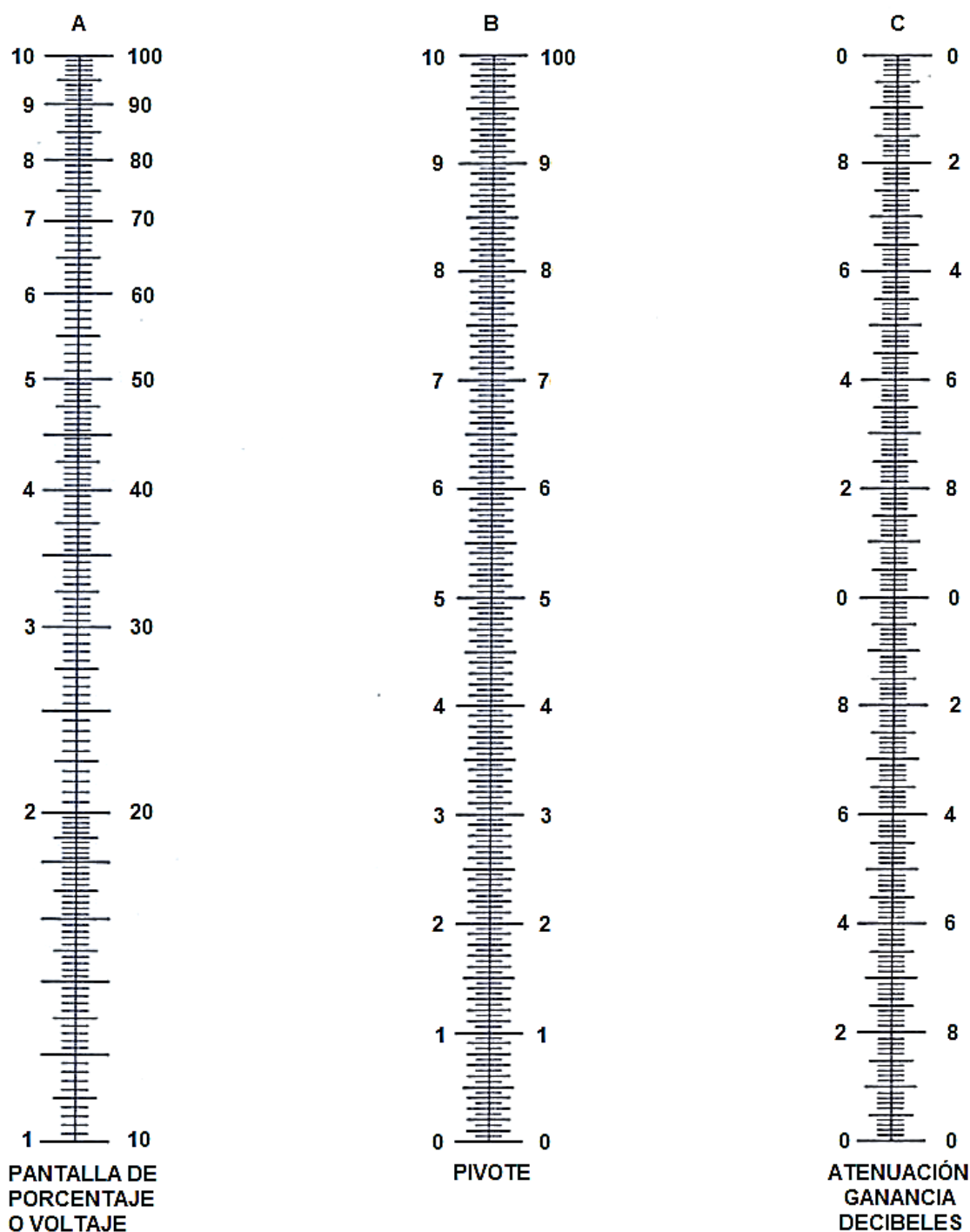


La curva en la planilla F-9 es un ejemplo derivado de calculaciones de la planilla F-8.

El área oscura en el grafico muestra el área donde el ejemplo no califica para este código.

Nota: La primera línea del ejemplo del uso de la planilla F-8 se muestra en este ejemplo

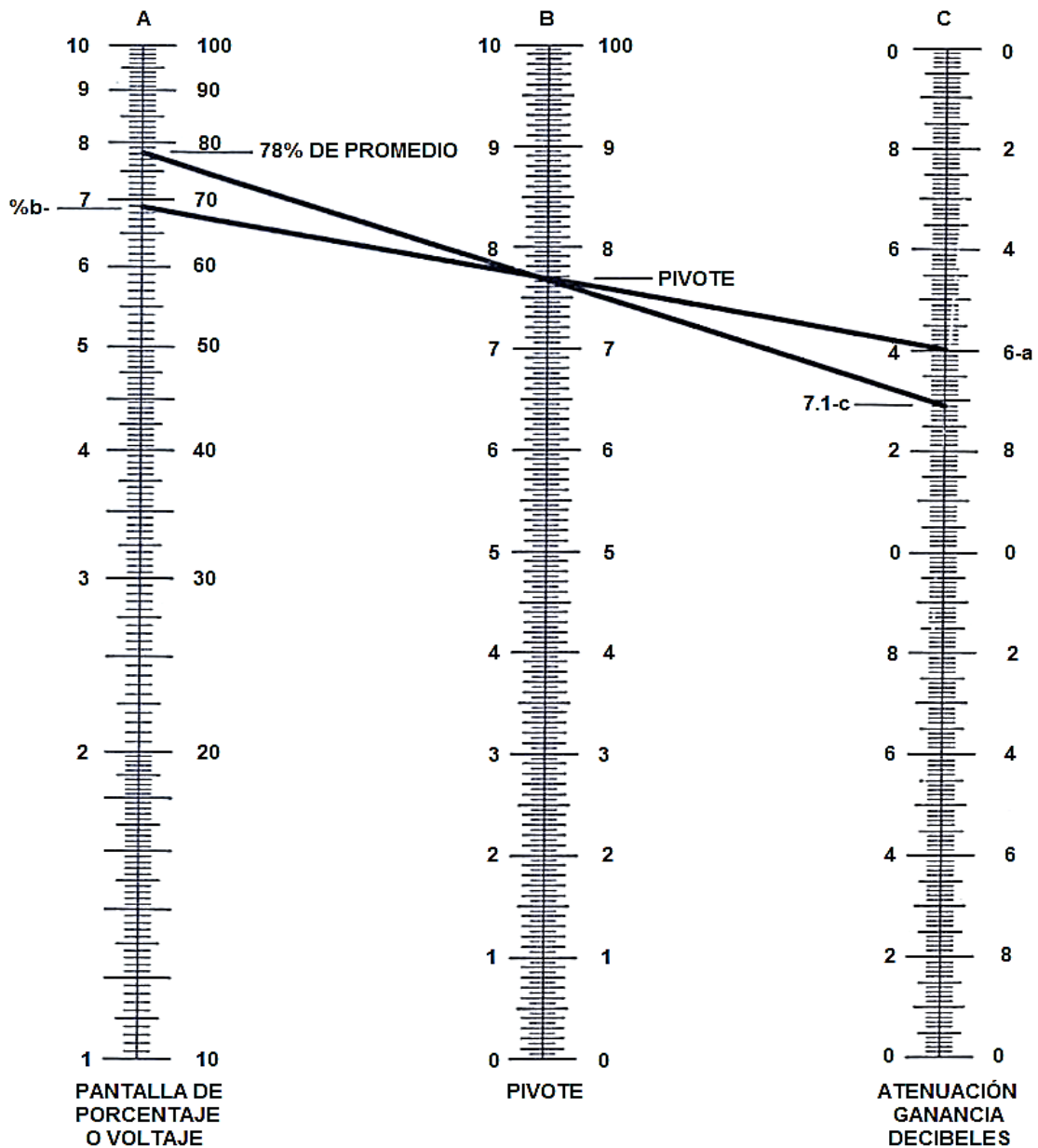
Valores de decibeles (atenuación o ganancia) en nomograma. (Plantilla F-10)



Nota: Ver 4.3.11.2 para instrucciones de cómo usar este nomograma.

**Valores de decibeles (atenuación o ganancia) en nomograma—AWS.
(Plantilla F-10)**

El uso del nomograma en rotatorio en nota 3 es como se muestra en el próximo ejemplo.



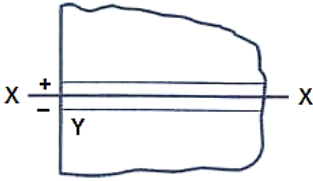
Procedimiento para el uso del Nomograma:

- Extienda una línea recta entre el valor del decibel desde la Columna "A" aplicada a la escala C y al porcentaje correspondiente de la Columna "B" aplicada a la escala A.
- Use el punto donde la línea recta cruza la línea B en pivote como un pivote para la segunda línea recta.
- Extienda una segunda línea recta desde el punto de promedio en la escala A, por el punto de pivote desarrollándose en la parte superior, y en la escala C dB.
- Este punto en la escala C es indicativo del uso corregido para el uso dB de la Columna "C".

Notas:

1. La lectura de 6 dB y 69% de la escala son derivados de la lectura del instrumento y se convierten en dB₁, "b" y %₁, "c", respectivamente.
2. %₂ es 78 - constante.
3. dB₂ (que es dB "d" corregido) es igual a 20 veces X log (78/69) + 6 o 7.1.

Reporte de ensayo ultrasónico de soldadura. (Plantilla F-11)

Proyecto _____	Reporte n° _____
	Identificación de soldadura _____ Espesor de material _____ Junta Soldada _____ Proceso de Soldadura _____ Requerimientos de Calidad-sección n° _____ Comentarios _____

Numero de línea	Numero de indicación	Angulo transductor	De la cara	Pierna ^a	Decibeles				Discontinuidad				Evaluación de discontinuidad	Comentarios	
					Nivel de Indicación	Nivel de referencia	Factor de atenuación	Índice de indicación	Longitud	Distancia angular (recorrido seguro)	Profundidad desde superficie "A"	Distancia			
					a	b	c	d				Desde X	Desde Y		
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															

Nosotros, abajo firmantes, certificamos que las declaraciones en este record son correctas y que las soldaduras fueron preparadas y ensayadas en conformidad con los requerimientos de la sección 6, parte F de AWS D1.1/D1.1M, () *Código de Soldadura*
 Estructural—Acero. (ano)

Fecha de ensayo _____
 Inspeccionado por _____

Fabricante o Contratista

Autorizado por _____

Fecha _____ (Estructuras No-
 esta forma para

Nota: Esta forma es aplicable a la sección 2, partes B o C Tubulares Cargadas Estáticamente y Cíclicamente). NO use Estructuras Tubulares (sección parte D).

^a Usar Pierna I, II o III. Ver glosario de términos.

Notas:

- Para poder obtener una Clasificación “d”
 - a. Usando instrumentos con control de ganancia, use la formula $a - b - c = d$.
 - b. Usando instrumentos con control de atenuación, use la formula $b - a - c = d$.
 - c. Un signo positivo o negativo acompañara a la figura “d” a menos que sea igual a cero.
- La distancia X es utilizada para describir la localización de la discontinuidad de soldadura en una dirección perpendicular a línea de referencia de soldadura. A menos que este valor sea cero, el valor debe ser acompañado por un signo positivo o negativo, correspondiente.
- La distancia Y es utilizada para describir la localización de la discontinuidad de soldadura en una dirección paralela a la línea de referencia de soldadura. El valor es obtenido por medio de la medida de la distancia “Y” hasta el comienzo de discontinuidad estipulada.

La Evaluación de las Áreas de Soldaduras Reparadas Reexaminadas debe ser tabulada en una nueva línea de la planilla de reporte. Si se usa la planilla de reporte original, R_n debe ser el prefijo del número de indicaciones. Si se utilizan planillas adicionales, el número R será el prefijo del número de indicación.